МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

Е. Г. ЕФИМОВ

МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ



МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Выпуск 917

Е. Г. Ефимов

МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Издание второе,
переработанное
и дополненное



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1976

6Ф2.7
Е91
УДК 681.84.083.82

Ефимов Е. Г.

Е91 Магнитные головки. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976.

104 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 917)

Приводится описание распространенных конструкций магнитных головок и технология их изготовления. Излагается методика испытаний и прилагаются справочные таблицы с основными параметрами головок.

Первое издание книги вышло в 1967 г.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей и специалистов, занимающихся магнитной записью.

Е $\frac{30404-429}{051(01)-76}$ 185-76 6Ф2.7

Предисловие ко второму изданию

За время, прошедшее после выхода в свет первого издания книги «Магнитные головки», появились новые сведения о магнитных головках, представляющие интерес для читателей Массовой радиобиблиотеки, поэтому второе издание книги дополнено новыми материалами, а устаревшие сведения исключены.

В гл. 1 уточнены формулировки основных параметров в соответствии со стандартом на термины, относящиеся к магнитной записи ГОСТ 13699-74. Увеличен объем гл. 2; в нее введены параграфы, в которых рассматриваются новые конструкции головок, в том числе комбинированные с компенсацией проникания магнитного потока из записывающей части в воспроизводящую, головки из высокоплотных ферритов и так называемые интегральные головки, изготовляемые новейшими технологическими методами.

Глава 5, посвященная устройству и работе специальных головок, кроме головок с немеханическим сканированием, написана В. И. Пархоменко.

Глава первая

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Принцип действия и устройство головок

Процессы записи, воспроизведения и стирания осуществляются с помощью электромагнитных устройств, именуемых в технике магнитной записи магнитными головками.

Магнитные головки при записи преобразуют электрические сигналы в соответствующие колебания магнитного поля, намагничивающего магнитную ленту. При воспроизведении происходит обратный процесс — преобразование магнитного потока ленты в колебания электрического тока. Запись может быть удалена с ленты также с помощью головок, которые создают спадающие переменные или постоянные магнитные поля.

В профессиональной аппаратуре обычно применяют три головки, каждая из которых в соответствии с выполняемой функцией называется головкой записи, воспроизведения и стирания.

Схематическое изображение устройства наиболее распространенных тороидальных головок показано на рис. 1. Магнитопровод головки образован двумя симметричными полукольцами с обмотками, между которыми расположены два зазора: рабочий и дополнительный. Для повышения эффективности работы головки поперечное сечение сердечника со стороны рабочего зазора уменьшено. Наличие дополнительного зазора увеличивает внутреннее магнитное сопротивление магнитопровода, поэтому этот зазор делается только в записывающих головках для предохранения сердечника от остаточного намагничивания.

В основу магнитной записи положено свойство ферромагнетиков, в том числе магнитной ленты, намагничиваться в магнитном поле, а выходя из него, сохранять остаточную намагниченность. Схематически это показано на рис. 1. Магнитный поток выходит из одного полюса сердечника головки, проходит через рабочий слой ленты, намагничивает его и входит во второй полюс. Магнитная индукция в ленте после удаления от зазора уменьшается до значения остаточной индукции B_r.

В процессе воспроизведения внешний магнитный поток ленты замыкается через сердечник воспроизводящей головки, имеющей малое магнитное сопротивление по сравнению с воздухом, и, пронизывая обмотку головки, индуцирует в ней э. д. с. Эта э. д. с. пропорциональна скорости изменения магнитного потока в участке движущейся ленты напротив рабочего зазора. Таким образом, при воспроизведении головка преобразует энергию движения магнитной фонограммы в электрическую энергию. При уменьшении длины волны записи

до величины, соизмеримой с шириной рабочего зазора и равной ширине так называемого «эффективного» $\Delta_э$ рабочего зазора[1], э. д. с. снижается до нуля. В этом случае основная часть полезного магнитного потока ленты замыкается в рабочем зазоре, не попадая в сердечник головки.

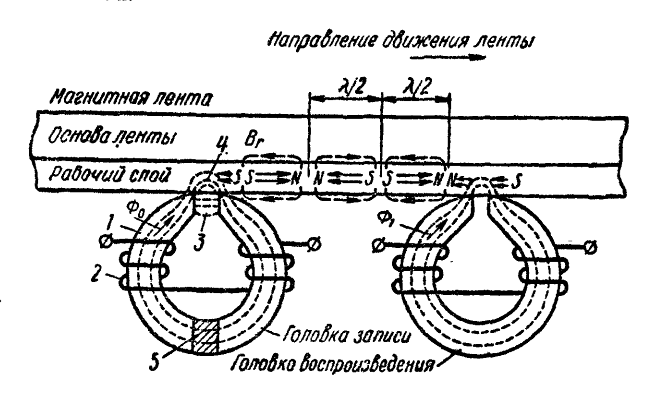


Рис. 1. Схематическое изображение устройства тороидальных головок.

1 — сердечник; 2 — обмотка; 3 — рабочий зазор; 4 — поле записи, действующее на магнитную ленту; 5 — дополнительный зазор.

Эффективная ширина $\Delta_э$ вычисляется по формуле

$$\Delta_э = \frac{v}{f_0},$$

где v — скорость записи и воспроизведения; f_0 — частота первого минимума отдачи при измерении амплитудно-частотной характеристики записи — воспроизведения.

Процесс стирания осуществляется путем размагничивания магнитной ленты или намагничивания ее до состояния, близкого к насыщению. В первом случае лента, проходя через переменное магнитное поле над рабочим зазором головки, вначале намагничивается почти до насыщения, а потом размагничивается. Во втором случае лента только намагничивается в поле головки.

Схема, изображенная на рис 1, иллюстрирует продольный способ намагничивания ленты; поскольку в магнитофонах он является наиболее распространенным, то в дальнейшем мы будем иметь в виду главным образом этот способ записи.

Помимо головок, предназначенных для выполнения только одной операции (запись, воспроизведение или стирание), применяются универсальные и комбинированные головки. Универсальные головки осуществляют по выбору или поочередно несколько функций, например запись и воспроизведение или запись и стирание. Ком-

[1] Значение $\Delta_э$ на 10—20% превышает геометрическую ширину рабочего зазора $S_р$.

бинированные головки могут одновременно выполнять функции двух головок, одна из которых может быть, например, универсальной.

В большинстве бытовых магнитофонов с целью упрощения конструкции и снижения стоимости устанавливаются только две головки, из которых первая — универсальная для записи и воспроизведения, а вторая — стирающая.

По количеству одновременно образуемых дорожек записи, воспроизведения или стирания различают однодорожечные головки и многодорожечные блоки головок. Многодорожечные блоки головок используются для записи нескольких взаимосвязанных во времени потоков информации по способу многодорожечной записи, а также для ее воспроизведения и стирания. Блоки содержат соответствующее количество одиночных головок, конструктивно объединенных в общем корпусе. Многодорожечные блоки головок могут быть специализированного назначения, т. е. записи или воспроизведения, а также универсальные и комбинированные.

Блоки головок применяются в стереофонических магнитофонах, накопителях ЭВМ и в аппаратуре точной записи различных процессов с целью анализа.

Магнитные головки имеют условное графическое обозначение, используемое при составлении принципиальных электрических схем. В старой технической литературе применялось обозначение, которое воспроизводило магнитопровод, рабочий зазор и обмотку. Назначение головки обозначалось надписями или буквами *З*, *В*, *С*, *У* и *К*. В настоящее время в соответствии с ГОСТ 2.741-68 принято другое обозначение головок, при котором показывается только символическое обозначение магнитопровода. Назначение головки указывается значком внутри магнитопровода.

Условные графические обозначения головок, рекомендуемые ГОСТ 2.741-68, показаны в приложении.

Основные параметры головок и блоков головок

Для удобства рассмотрения основных параметров головок их магнитные цепи представлены на рис. 2 в виде упрощенных эквивалентных схем. В этих схемах приняты следующие обозначения:

$\Phi_л$ — магнитный поток ленты, входящий в головку, или магнитный поток, входящий в ленту из головки;

Φ_1 — полезный магнитный поток в сердечнике воспроизводящей головки;

Φ_2 — магнитный поток через рабочий зазор;

Φ_0 — магнитный поток в сердечнике записывающей головки;

$R_{р.з}$ — магнитное сопротивление рабочего зазора;

$R_{д.з}$ — магнитное сопротивление дополнительного зазора;

R_c — магнитное сопротивление сердечника.

Геометрическая ширина рабочего зазора $S_р$ — ширина промежутка между торцами сердечника, заполненного диамагнитным материалом, благодаря которому осуществляется магнитное взаимодействие головки с магнитной лентой ($S_р$ определяется под микроскопом). Для головки воспроизведения этот параметр является главным, поскольку он определяет эффективную ширину рабочего зазора, от которой зависят вносимые рабочим зазором амплитудно-час-

тотные искажения, так называемые щелевые искажения, вычисляемые по формуле

$$D_{\text{щ}} = 20 \lg \frac{\sin \pi \frac{\Delta_{э}}{\lambda}}{\pi \frac{\Delta_{э}}{\lambda}},$$

где $\Delta_{э}$ — эффективная ширина рабочего зазора; λ — длина волны записи.

Длина рабочего зазора h — размер рабочего зазора в направлении, перпендикулярном магнитному потоку в зазоре и направлении движения ленты. Длина рабочего зазора приближенно равна

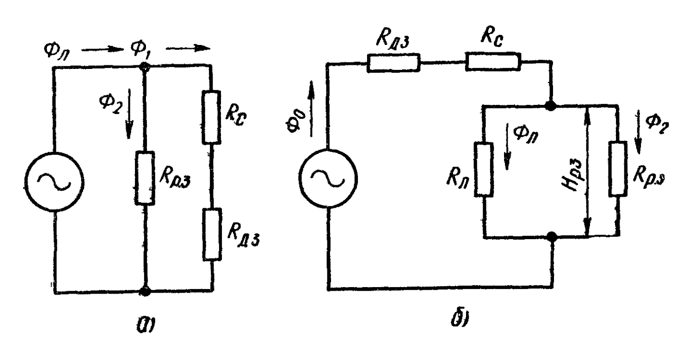


Рис. 2. Эквивалентные схемы магнитных цепей головок.

а — воспроизведения; *б* — записи.

ширине дорожки записи, воспроизведения или стирания для данной головки.

Глубина рабочего зазора d — размер рабочего зазора в направлении, перпендикулярном длине рабочего зазора. На рис. 3, *а* показан график зависимости щелевых искажений от отношения $\lambda/\Delta_{э}$.

Частотные потери в магнитопроводе головок возникают из-за увеличения магнитного сопротивления материала сердечника с увеличением частоты и из-за потерь на вихревые токи в металлических прокладках зазоров. Эти потери с достаточной для практики точностью определяют путем пропускания по обмотке головки тока с постоянной амплитудой, частота которого изменяется в рабочем диапазоне частот, и определения сопротивления Z головки. По отклонению графика $Z = f(\omega)$ от прямой линии ($Z = \omega L$) вычисляют величину частотных потерь. Результаты измерений верны при условии, что резонансная частота испытуемой головки значительно выше частот измерения.

Амплитудно-частотная характеристика головки воспроизведения определяется упомянутыми щелевыми искажениями $D_{\text{щ}}$ и частотными потерями в магнитопроводе. Суммарное значение этих искажений позволяет выбрать нужную форму частотной характеристики усилителя воспроизведения. Иногда необходимо учитывать уменьшение полезного магнитного потока в головке при воспроизведении записи с малой длиной волны из-за неизбежно существующего зазора *а*

между рабочими поверхностями ленты и головки, особенно когда шероховатость этих поверхностей значительна. Это так называемые контактные потери. График зависимости контактных потерь от отношения a/λ приведен на рис. 3, *б*.

Если рабочие зазоры головки записи и головки воспроизведения установлены не параллельно друг другу и между ними существует

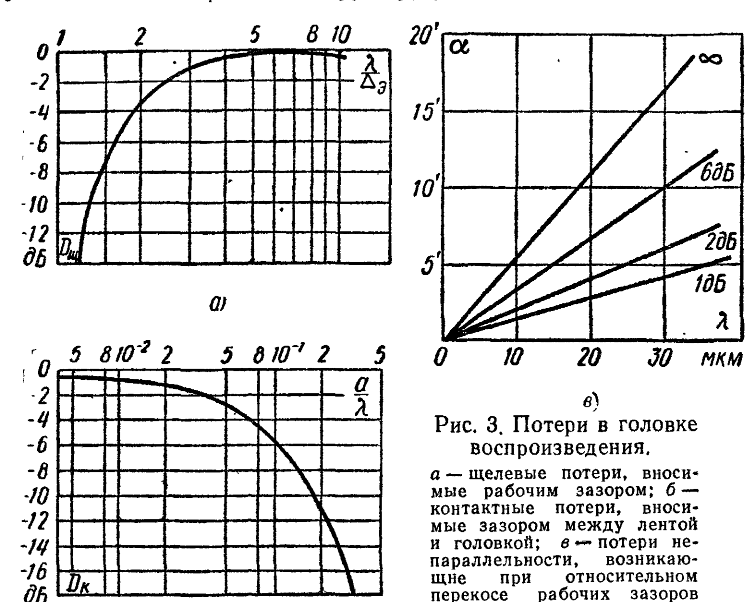


Рис. 3. Потери в головке воспроизведения.

а — щелевые потери, вносимые рабочим зазором; *б* — контактные потери, вносимые зазором между лентой и головкой; *в* — потери непараллельности, возникающие при относительном перекосе рабочих зазоров головок записи и воспроизведения.

некоторый перекос, то возникают дополнительные амплитудно-частотные искажения $D_{\text{п}}$, которые можно рассчитать по формуле

$$D_{\text{п}} = 20 \lg \frac{\sin \dfrac{\pi h \operatorname{tg} \alpha}{\lambda}}{\dfrac{\pi h \operatorname{tg} \alpha}{\lambda}},$$

где α — угол перекоса; h — длина рабочего зазора головки воспроизведения.

Искажения, вычисленные по этой формуле для различных значений углов перекоса и различных длин волн, приведены в виде графика на рис. 3, *в*.

Коэффициент шунтирования A характеризует использование в воспроизводящей головке магнитного потока, выходящего из намагниченной ленты:

$$A = \frac{\Phi_1}{\Phi_{\text{л}}} = \frac{R_{\text{р.з}}}{R_{\text{р.з}} + R_{\text{c}} + R_{\text{д.з}}}.$$

Отдача E — э. д. с., индуцируемая в обмотке головки при воспроизведении записи с большой длиной волны и с определенной намагниченностью и частотой. Отдача вычисляется по закону электромагнитной индукции:

$$E = \omega w \Phi_л A \cdot 10^{-8}\ , \text{ В},$$

где w — количество витков в обмотке головки.

Чувствительность $K_в$ — отношение отдачи E воспроизводящей головки к магнитному потоку измерительной ленты $\Phi_л$:

$$K_в = E/\Phi_л.$$

Эффективность Q — параметр, который позволяет сравнивать воспроизводящие головки, имеющие разные конструкции, но одинаковые длины рабочих зазоров. При согласовании головки с внешней нагрузкой получаемое отношение сигнал/шум пропорционально эффективности головки:

$$Q = E^2/L,$$

где L — индуктивность головки.

Между Q и A существует зависимость:

$$Q = KR_{р.з}A.$$

Из этой формулы следует, что для увеличения Q и E (при неизменном числе витков) нужно увеличивать $R_{р.з}$ и уменьшать $R_с$ и $R_{д.з}$.

Основными параметрами головок записи и стирания являются величина магнитного поля в рабочем зазоре и размеры зазора, поскольку форма и напряженность поля над рабочим зазором связаны с этими параметрами определенной зависимостью. Дополнительный зазор в головке записи в основном предназначен для предупреждения случайного намагничивания сердечника. Для этого достаточно, чтобы ширина дополнительного зазора была равна 50—100 мкм.

Чувствительность по току $K_з$ — отношение остаточного магнитного потока $\Phi_л$ к току в головке записи:

$$K_з = \frac{\Phi_л}{I_з}.$$

Параллельное сопротивление потерь $R_{экв}$ характеризует частотные потери в головке на рабочей частоте. Значение $R_{экв}$ численно равно резонансному сопротивлению контура (образованного индуктивностью головки и параллельно включенным конденсатором) настроенного на рабочую частоту.

Мощности записи $P_з$ **подмагничивания** $P_п$ **и стирания** $P_с$ **вычисляются** по формуле

$$P = U^2/R_{экв},$$

где U — рабочее напряжение на головке; $R_{экв}$ — параллельное сопротивление потерь в рабочем режиме на данной частоте.

Относительный уровень стирания $D_с$ — отношение уровня записи фонограммы после стирания к уровню записи той же фонограммы до стирания. Относительный уровень стирания, который обеспечива-

ется головкой при определенном режиме питания и определенной ленте, выражается в децибелах.

Кроме перечисленных, к измеряемым параметрам головок относятся индуктивность, омическое сопротивление, полное электрическое сопротивление, собственная резонансная частота, сопротивление изоляции обмотки, электрическая прочность изоляции обмотки, действующая длина рабочего зазора (определяется магнитным проявлением дорожки записи) и нелинейность рабочего зазора (определяется под микроскопом по искривлениям его длины или по искажениям амплитудно-частотной характеристики записи—воспроизведения в паре с головкой, имеющей практически идеальную линейность рабочего зазора).

Для многодорожечных блоков головок, помимо параметров головок, входящих в блок, добавляются еще параметры, характеризующие блок головок в целом.

К ним относятся переходное затухание между отдельными головками, зависящее от конструкции блока головок и от минимального расстояния между отдельными головками, и рассеяние рабочих зазоров головок, т. е. их смещение относительно плоскости, проходящей через середину рабочего зазора одной из головок.

Материалы, применяемые в сердечниках головок

Для изготовления головок применяются разнообразные материалы, которые по своим свойствам можно разделить на несколько групп. Наиболее важная из них, имеющая огромное влияние на качество головок, это группа магнитных материалов сердечника. Существенное значение имеют также и другие материалы, к которым относятся материал прокладок в зазорах, конструкционные и изоляционные материалы, обмоточные и монтажные провода и заливочные компаунды.

Магнитные материалы подразделяются на магнитотвердые и магнитомягкие. Магнитотвердые материалы характеризуются большой коэрцитивной силой и соответственно широкой петлей гистерезиса. Эти материалы применяются только для изготовления постоянных магнитов в головках стирания. Данные некоторых магнитотвердых материалов, отличающихся высокой стабильностью свойств, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Материал	Содержание элементов, % (остальное железо)				Магнитные свойства	
	Никель	Алюминий	Кобальт	Кремний	Остаточная индукция, Тл	Коэрцитивная сила, А/м
Альни	20—33	11—17	—	—	0,5—0,7	20 000—40 000
Альниси	20—33	11—17	—	1	0,4	60 000
Альнико	20—33	11—17	5—10	—	0,68—1,23	40 000—52 000
Магнико	10—15	8—10	20—25	—	1,23	40 000

Таблица 2

Марка сплава	Химический состав, % (остальное железо)								Магнитные свойства при толщине проката 0,1—0,18 мм					
	Никель	Кремний	Хром	Молибден	Марганец	Рений	Углерод не более	Алюминий	Относительная магнитная проницаемость: начальная	Относительная магнитная проницаемость: максимальная	Коэрцитивная сила, А/м, не более	Индукция насыщения, Тл	Удельное электрическое сопротивление, Ом·мм²/м	Точка Кюри, °С
50НХС	49,5—51	1,1—1,4	3,8—4,2	—	0,6—1,1	—	—	—	2500	25 000	13	1,0	0,9	360
80НХС	79—81	1,1—1,5	2,6—3	—	0,6—1,1	—	—	—	22 000	120 000	2,4	0,65	0,63	330
79НМ	78,5—80	0,3—0,5	—	3,8—4,1	0,6—1,1	—	—	—	20 000	120 000	2,4	0,75	0,55	450
16Ю	—	⩽0,5	—	—	⩽0,1	—	0,02	15,8—16,5	4000	90 000	3,2	0,51	1,4	250
16ЮХ	—	Не более 0,3	2—2,5	—	Не более 0,1	—	0,02	15,8—16,4	15 000	140 000	3,6	0,55	1,6	250
16ЮИХ	—	Не более 0,2	1,7—2,1	—	Не более 0,1	2,1—2,5	0,02	15,7—16,1	8000	50 000	2,4	0,65	1,5	250
10СЮ-ВИ	—	9,6	—	—	—	—	—	5,4	35 000	160 000	2,5	1,0	0,8	550

Таблица 3

Марка феррита		Относительная магнитная проницаемость: начальная	Относительная магнитная проницаемость: максимальная	Коэрцитивная сила, А/м, не более	Индукция насыщения, Тл	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	Точка Кюри, °С	Граничная частота, МГц
Никель-цинковый феррит 1000НН		1000	3000	20,2	0,32	20	110	0,4
Марганец-цинковый феррит	1000НМ	1000	2000	28	0,35	10	200	2,2
	3000НМ	3000	3500	12	0,38	0,5	140	0,2

В головках стирания могут применяться также металлокерамические и металлопластические магниты, получаемые путем спекания и прессования порошков из сплавов альни и альнико. Магнитные свойства таких материалов уступают сплавам, однако они обладают технологическими преимуществами при изготовлении миниатюрных магнитов.

Магнитомягкие материалы отличаются малой коэрцитивной силой и соответственно узкой петлей гистерезиса, поэтому потери на перемагничивание у этих материалов малы. Высокая магнитная проницаемость магнитомягких материалов позволяет получать большую магнитную индукцию в сердечнике при малой напряженности поля.

В сердечниках всех головок, кроме упомянутых головок стирания с постоянным магнитом, применяются магнитомягкие материалы. К этим материалам предъявляются следующие требования: достаточно большая начальная относительная проницаемость $\mu_н$ для головок воспроизведения, при которой коэффициент шунтирования A получается близким к единице; малая коэрцитивная сила H_c (для уменьшения остаточной намагниченности); малые потери энергии на повышенных частотах; достаточно большая индукция насыщения B_s, благодаря чему отсутствует насыщение в суженной части сердечников головок записи и стирания; хорошая механическая обрабатываемость; равномерная структура и отсутствие посторонних включений, позволяющие получить острые грани полюсов сердечника; незначительное изменение свойств при механической обработке, стойкость к истиранию магнитной лентой.

Материалов, которые соответствовали бы всем перечисленным требованиям, пока нет. Поэтому при конструировании и изготовлении головок с учетом конкретных требований, предъявляемых к ним, применяется наиболее близко подходящий материал или комбинация нескольких материалов (комбинированные сердечники).

В настоящее время для изготовления сердечников широко используются сплавы с высокой магнитной проницаемостью марок

79НМ, 80НХС, 50НХС, 16ЮХ и т. п., а также ферриты. Их данные приведены в табл. 2 и 3.

При выборе материала для сердечника необходимо учитывать размеры, форму и тип сердечника (пластинчатый или пакетный), верхнюю граничную частоту диапазона передачи, частоту подмагничивания или стирания. С увеличением частоты переменного магнитного поля действующая магнитная проницаемость уменьшается, так как вихревые токи, возникающие в пластинах, выталкивают переменный магнитный поток из середины пластин к их поверхности, чем уменьшается активная часть сечения сердечника и соответственно действующая магнитная проницаемость. Поэтому степень влияния поверхностного эффекта на магнитную проницаемость больше у тех материалов, у которых выше значение магнитной проницаемости. Для уменьшения поверхностного эффекта и потерь на вихревые токи, которые являются основными потерями в головке, сердечники выполняют из тонких пластин.

Электротехнические стали — это сплавы железа с 0,5—5% кремния. Электротехническая сталь имеет повышенное электрическое сопротивление, малую коэрцитивную силу в переменных полях и сравнительно высокую магнитную проницаемость. Сталь можно использовать только в сердечниках головок для очень простых магнитофонов и аппаратов звукозаписи (диктофоны, телефонные ответчики и т. п.), от которых не требуются высокие электроакустические показатели.

К существенным недостаткам стали относится так называемое «старение», в результате которого ее магнитные свойства с течением времени ухудшаются.

Железоникелевые сплавы с высокой магнитной проницаемостью (пермаллои) по сравнению с электротехническими сталями имеют большую магнитную проницаемость и меньшие потери. Известны несколько марок пермаллоя, отличающихся разным процентным содержанием никеля. Как видно из табл. 2, наибольшую магнитную проницаемость имеют пермаллои с содержанием 78,5—81% никеля. Пермаллой, содержащий 78,5% никеля, иногда называют «классическим» пермаллоем.

Добавка в пермаллой молибдена, меди и хрома увеличивает электрическое сопротивление и уменьшает потери. Недостатками этих сплавов является резкое уменьшение магнитной проницаемости с возрастанием частоты. Начиная с частоты 20 кГц и выше, проницаемость становится меньше, чем у электротехнической стали.

Особенно серьезным недостатком является изменение магнитных свойств сплавов в процессе их механической обработки, связанное с возникновением внутренних механических напряжений в материале. Поэтому в процессе изготовления головок, особенно воспроизводящих и универсальных, необходимо осторожно обращаться с сердечником, а также с пластинами сердечника после термообработки. Недостаток этих сплавов состоит также в сравнительно малой стойкости к истиранию магнитной лентой.

Железоалюминиевые сплавы (16ЮИХ, 16ЮХ) по магнитным свойствам (в основном по значению начальной магнитной проницаемости) несколько уступают сплавам типа пермаллоя, однако благодаря устойчивости магнитных свойств к механическим воздействиям и высокой износостойкости их можно считать более предпочтительными материалами для сердечников головок, чем пермаллои.

В табл. 4 приведены данные, показывающие влияние механических воздействий на магнитную проницаемость некоторых магнитомягких материалов.

Таблица 4

Марка сплава	Уменьшение магнитной проницаемости, %			
	При поперечном сжатии под давлением $0{,}75 \cdot 10^{-3}$ Па		После снятия сжатия	
	Начальная	Максимальная	Начальная	Максимальная
80НХС	84	91	66	73
79НМ	68	88	18	38
16Ю	9	67	5	3
16ЮИХ	≈3,6	≈2,7	<3	<2

Для снятия напряжений после штамповки пластин сердечника и получения надлежащих магнитных свойств для магнитомягких сплавов необходима термообработка. Распространены два способа такой обработки: упрощенный — отжиг в закрытом контейнере (полноценен только для электротехнической стали) и отжиг в вакууме $(10^{-2}—10^{-4}) \times 133{,}3$ Па — для высокопроницаемых сплавов. Режимы термообработки приведены ниже.

Железо-алюминий-кремниевые сплавы типа «Сендаст» (10СЮ-ВИ) не уступают пермаллоевым по магнитным свойствам, а железоалюминиевым — по устойчивости этих свойств к механическим воздействиям. Особенностью сендастов является высокая твердость и износостойкость, которые в основном и предопределили использование их в головках для видеозаписи. Слабо выраженные пластические свойства делают эти сплавы трудно обрабатываемыми. Пластины для магнитопровода из этого сплава приходится вырезать из слитка и обрабатывать специальным инструментом.

Ферриты, или, как их еще называют, «магнитная керамика», являются металлическими соединениями окислов железа и некоторых других элементов (никеля, цинка и др.). В отличие от магнитомягких сплавов ферриты имеют большое электрическое сопротивление и высокую твердость, приближающуюся к твердости корунда.

При резании ферриты обрабатывают алмазными кругами, при шлифовке — специальными абразивными порошками, а при доводке — алмазным (микронным) порошком.

Известно, что в результате полировки магнитного материала абразивом с применением смазки его эффективная проницаемость уменьшается. Экспериментально установлено, что толщина слоя, в котором ухудшаются магнитные свойства, примерно обратно пропорциональна твердости обрабатываемого материала. Если исходить из этого свойства, то ферриты более предпочтительны в головках, чем сплавы. По стойкости к истиранию лентой ферриты превосходят даже железо-алюминий-кремниевые сплавы, однако из-за неоднородности структуры ферритов, немагнитных включений связующего вещества, а также пористости возникают затруднения при обработке сердечника и при эксплуатации головки

В процессе эксплуатации возникает эрозия поверхности ферритовых сердечников, которая ухудшает рабочие свойства головки Эрозия образуется при трении магнитной ленты о сердечник, в результате чего происходят микроскопические выкрашивания феррита. С целью замедления эрозии применяют некоторые защитные меры,

например вставку в рабочий зазор стеклянной прокладки с коэффициентом линейного расширения, близким к коэффициенту расширения данного феррита. Стеклянная прокладка вплавляется в зазор в горячем состоянии и прочно укрепляет поверхностный слой феррита в этой зоне.

Все сказанное в основном относится к обычным ферритам, получаемым прессованием и спеканием. Эти ферриты предназначены главным образом для магнитных сердечников, разнообразных катушек высокочастотной техники, где пористость феррита, эрозионные и механические свойства не имеют того существенного значения, как в сердечниках головок. Поэтому подобные ферриты нашли применение только в головках стирания, в которых из-за широкого зазора (или зазоров) эрозионные разрушения меньше влияют на рабочие свойства, чем в головках воспроизведения или записи.

В последнее время появились так называемые высокоплотные ферриты с малой пористостью или совсем без пор. К ним относятся монокристаллические ферриты (МКФ) и горячепрессованные ферриты (ГПФ). Их главным достоинством является устойчивость против абразивного износа. Лучшими возможностями применения обладают марганцово-цинковые ферриты, отличающиеся более высокими значениями магнитной проницаемости и индукции насыщения. Если сравнивать между собой новые ферриты, то ГПФ более технологичны, легче поддаются обработке и, что особенно важно при изготовлении головок, имеют большую однородность и изотропность механических и магнитных свойств. Однако при эксплуатации рабочий зазор головки из ГПФ разрушается скорее, чем у аналогичных головок из МКФ. Общим недостатком головок из новых ферритов являются шумы, возникающие от нерегулярных ударов по сердечнику при изменении контакта с движущейся лентой. В головках видеозаписи этот шум может проявляться в виде полос на экране. Что касается износостойкости, то головки для видеозаписи из марганец-цинкового феррита и никель-цинкового феррита равнозначны, но чувствительность у первых выше.

В последнее время наряду с магнитными ферритами в головках в качестве конструкционного материала и материала прокладок находят применение еще и немагнитные ферриты. Совмещение материалов на основе феррита увеличивает надежность конструкции головки, позволяет предотвращать для головок с узкими рабочими зазорами повреждения (сколы, трещины), вызываемые механическими напряжениями системы сердечник — арматура корпуса, выполненных из разнородных материалов (металл, пластмасса). Поэтому применение в головке только материалов однородных по механическим свойствам всегда делает ее технологичнее в процессе изготовления, а на эксплуатации более долговечной

Материалы прокладок в зазорах должны отвечать разнообразным требованиям как механического, так и электрического характера. Прокладки рабочего зазора должны обладать диамагнитными свойствами, предохранять зазор от загрязнения магнитным порошком, а острые ребра полюсов сердечника — от притупления при соприкосновении с абразивной поверхностью магнитной ленты Для достижения последнего требования материал прокладки выбирают несколько тверже материала сердечника. Для прокладок используют электропроводящие и изоляционные материалы. Для рабочих зазоров применяют оба материала, а для дополнительных зазоров — только изоляционные.

К наиболее применяемым проводящим материалам прокладок относятся: серебро, медь, бронза (в том числе специально разработанные для прокладок сплавы 538, 546 и 40ХНЮ), к изоляционным — слюда, лавсан, стекло, моноокись кремния. Недостатком проводящих прокладок является дополнительная потеря мощности в них из-за вихревых токов.

Глава вторая

КОНСТРУКЦИИ ГОЛОВОК

Все магнитные головки отличаются между собой в основном конструктивным выполнением сердечника. По этому признаку головки можно разделить на четыре группы. К первой группе относятся головки, у которых сердечник склеен из тонких пластин магнитомягкого материала, ко второй — головки, имеющие сердечник из одной или нескольких согнутых пластин, к третьей — головки с ферритовым сердечником. Четвертая группа — это головки с комбинированным сердечником из частей, для каждой из которых подбирается материал с оптимальными рабочими свойствами. Наиболее распространенная комбинация материалов в таких головках, когда часть сердечника, несущая обмотку, выполняется из обычного феррита, а другая часть, в которой образуется рабочих зазор — из износостойкого магнитного сплава.

С учетом свойственных каждой группе качественных характеристик, стоимости, технологичности и эксплуатационных особенностей сердечники имеют свои области применения. Головки первой группы используются в аппаратуре, для которой необходимы высокие рабочие свойства в сочетании с большой надежностью и долговечностью. Головки второй группы чаще всего применяются в бытовых магнитофонах, где наиболее важна простота конструкции и возможность крупносерийного изготовления при небольшой стоимости. Головки третьей группы уже давно применяются как стирающие в тех случаях, когда необходимо экономичное стирание. В последнее время в связи с появлением новых ферритов головки этой группы находят широкое применение при больших скоростях записи в бытовых видеомагнитофонах.

Четвертая группа головок имеет ограниченное применение в специальной аппаратуре.

Головки с пакетным сердечником

Пакетный сердечник склеивается из пластин магнитомягкого материала, предварительно прошедших соответствующую термообработку.

Как известно, потери на вихревые токи определяются значением магнитной индукции в сердечнике, толщиной пластин и электрическим сопротивлением материала. Поэтому для уменьшения потерь сердечник склеивается из возможно более тонких пластин, изолированных между собой слоем клея

Выбор толщины пластин и материала определяется рабочим диапазоном частот, а также частотой подмагничивания и стирания.

Таблица 5

Марка материала	Толщина проката, мм	Граничная частота, Гц	Марка материала	Толщина проката, мм	Граничная частота, Гц
Э-44	0,35 0,10	18 500 160 000	79НМ	0,10 0,05	3 100 14 000
50НХС	0,35 0,10	2400 36 000	16Ю	0,35 0,10	2500 50 000

В табл. 5 для некоторых магнитомягких материалов приведены значения верхних граничных частот, при которых магнитная проницаемость уменьшается на 30%.

Материалы для корпусов и арматуры головок. Для изготовления корпусов и арматуры наиболее широко используются пластмассы и металлы. Применение того или иного материала определяется конструкцией корпуса и головки в целом. Вариантов конструктивного выполнения корпуса много, но в своей основе все они сводятся к двум способам механической фиксации сердечника. Первый способ — когда полусердечники стягиваются с помощью винтов или пружин. Второй способ — когда сердечник или полусердечники закрепляются монолитно с помощью заливочного компаунда.

Применение пластмассы позволяет упростить технологический процесс изготовления головок и при массовом изготовлении обеспечить сравнительно небольшую их стоимость, что является решающим для недорогих бытовых магнитофонов. Однако рабочие характеристики таких головок неустойчивы как во времени, так и под влиянием климатических воздействий из-за неизбежного коробления корпуса, нарушающего размеры рабочего зазора. При трении ленты о пластмассу последняя электризуется и на нее начинает налипать магнитный порошок, загрязняющий головку. Если сердечник не имеет хорошего электрического соединения с общим корпусом магнитофона, то в процессе воспроизведения прослушиваются щелчки от стекания зарядов.

Применение металлических материалов для корпусов и арматуры головок позволяет избежать главных недостатков пластмассы. Основное преимущество металла заключается в возможности точной механической обработки деталей и достижении благодаря этому высокого качества головок и повторяемости их параметров при серийном изготовлении.

К недостаткам применения металла относятся большая трудоемкость изготовления и износ точного оборудования, что значительно удорожает стоимость головок. Металлические материалы в настоящее время применяются главным образом для головок в профессиональных аппаратах магнитной записи.

Выбор ширины сердечника. Ширина сердечника обычно совпадает с длиной рабочего зазора. Для обеспечения взаимозаменяемости записей размеры и расположение сердечников головок должны выдерживаться в строгих допусках.

Ширина сердечника у головок воспроизведения должна быть несколько меньше, а у головок стирания несколько больше, чем ши-

рина дорожки записи. Хотя уменьшение ширины сердечника у головки воспроизведения связано с соответствующим уменьшением ее отдачи, однако с этим приходится мириться, поскольку таким путем ослабляют паразитную амплитудную модуляцию, возникающую из-за слабого прилегания головки к краю ленты и неровностей этого края. При многодорожечной фонограмме уменьшение ширины сердечника позволяет также ослабить амплитудную модуляцию, возникающую в результате смещения воспроизводящих сердечников

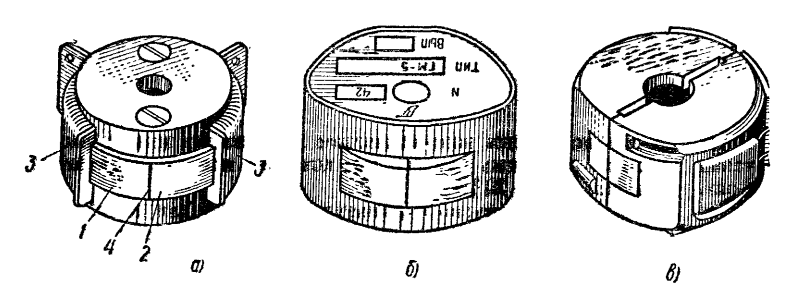


Рис. 4. Магнитные головки с пакетными сердечниками.

относительно дорожек записи из-за неточного расположения головок.

Расширение пакета сердечника головки стирания по тем же причинам позволяет обеспечить стирание со всей дорожки записи..

Что касается универсальных головок, то ширину их сердечника выбирают в соответствии с требуемой шириной дорожки записи.

Головки с тороидальным сердечником. Обычная тороидальная головка так называемой классической конструкции была предложена Э. Шюллером еще в 1935 г. Схематически устройство головки показано на рис. 1. Общий вид трех ее основных конструктивных вариантов изображен на рис. 4. Простота устройства и хорошие характеристики, получаемые благодаря кольцеобразной форме магнитопровода, обеспечили в свое время таким головкам наибольшее распространение как в профессиональной, так и в бытовой аппаратуре. Сердечник головки составлен из полусердечников *1* и *2* (рис. 4, *а*) с обмотками *3*; в стыках между полусердечниками образуются два зазора: рабочий *4* и дополнительный. Ширина зазоров определяется толщиной вставляемых калиброванных прокладок.

Сборка головки, изображенной на рис. 4, *а*, осуществляется стяжкой сердечника между алюминиевыми шайбами, а головки, изображенной на рис. 4, *б* — креплением заливочной массой. Устойчивость головки к механическим и климатическим воздействиям определяется тем, насколько она способна сохранять при этих воздействиях заданные размеры рабочего зазора, и зависит от способа соединения и крепления сердечника. Опыт производства и эксплуатации тороидальных головок показывает, что из-за неравномерности и непостоянства усилий стяжки (рис. 4, *а*) или вследствие неизбежной разницы температурных коэффициентов расширения материала сердечника и заливочной массы (рис. 4, *б*) сердечник деформируется, половинки его смещаются относительно друг друга

и заданная форма рабочего зазора нарушается. Это приводит к изменению качественных показателей головки. Поэтому оба конструктивных варианта недостаточно надежны в работе, особенно когда окружающие климатические условия непостоянны либо когда головки подвергаются вибрации или ударам.

Известен и практически используется способ повышения надежности головок, в значительной степени устраняющий указанный дефект. Этот способ заключается в том, что обе половинки сердечника спаивают между собой оловянно-свинцовым припоем (рис. 5).

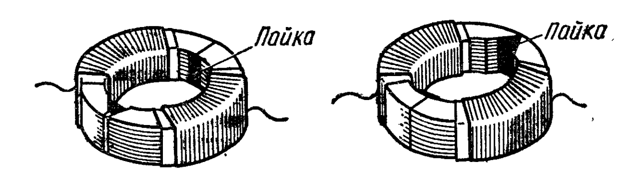


Рис. 5. Пайка сердечника в тороидальной головке.

Рис. 6. Тороидальная головка, внешний вид которой показан на рис. 40, *в*.

Кратковременное нагревание практически не изменяет магнитных и механических свойств сердечника. Нанесение электропроводящего припоя увеличивает потери на вихревые токи в сердечнике незначительно, поскольку припой наносится в местах, где рассеивается незначительная часть нерабочего магнитного потока.

Сборка головки, показанной на рис. 4, *в*, осуществляется путем свинчивания симметричных латунных полукорпусов. В отличие от

головок предыдущих вариантов в этом случае стягивающие силы действуют строго перпендикулярно к плоскости рабочего зазора, что позволяет при сборке получить узкие и исключительно правильной формы рабочие зазоры. На рис. 6 показано устройство такой головки. Цилиндрический корпус состоит из половин *1*, соединенных между собой стяжными винтами *2*; каждая половина имеет пазы для установки полусердечника с обмоткой *3*. Выводы обмоток пропускаются через отверстия в корпусе и припаиваются к контактам плинта *4*. Двумя винтами *5* планка *6* крепится к головке. С помощью этой планки осуществляется крепление головки на отведенное для нее место в лентопротяжном механизме. Между планкой и одним полукорпусом головки помещается прокладка *7*, предохраняющая от поперечного сдвига другого полукорпуса при установке головки.

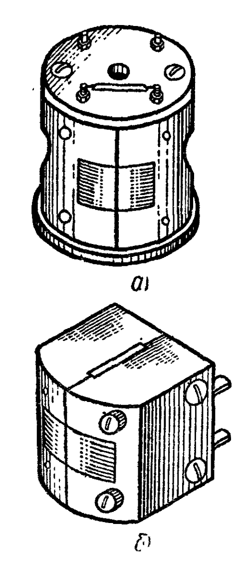


Рис. 7. Головки для студийных магнитофонов.

а — головка с цилиндрическим корпусом; *б* — головка с прямоугольным корпусом.

В случае применения металлической прокладки в рабочем зазоре необходимо по обеим сторонам сердечника в полукорпусах сделать выпилы, в которых с помощью клея закрепить эту прокладку так, чтобы она не была электрически соединена с полукорпусами.

Головки с тороидальным сердечником выпускаются промышленностью и теперь. Эти головки необходимы для студийных магнитофонов старых выпусков. Основные данные головок типов З-01, З-02 (записи), В-01, В-02, В-03 (воспроизведения) и С-02, С-04 (стирания) приведены в приложении (1, 2, 3).

Головки для студийных магнитофонов. Описанные выше тороидальные головки велики по своим размерам и не экономичны. На рис. 7 показаны два конструктивных варианта головок, применяющихся в современных студийных магнитофонах, а на рис. 8 — устройство этих головок.

Корпус головки состоит из половин *1* и *2*, соединенных между собой стяжными винтами *3*. Каждая половина имеет пазы для установки полусердечника *4* с обмоткой. В головке с цилиндрическим корпусом (рис. 8, *а*) планка *6* с помощью двух винтов *5* прикрепляется к головке подобно тому, как это осуществлялось в старой тороидальной головке, показанной на рис. *6*. Между головкой и планкой помещается прокладка *7*. Выводы обмоток прикрепляются к контактам плинта *8*. Крепление головки на лентопротяжном механизме производится скобкой *9* и винтом *10*.

В головке с прямоугольным корпусом (рис. 8, *б*) выводы обмоток припаиваются к контактам, укрепленным с помощью изоляционных втулок *8*. Головка помещается в экран *11*, в котором для установки головки предусмотрены отверстия с резьбой. Стяжка корпуса четырьмя винтами обеспечивает эффективную защиту сердечника от деформации и сдвигов.

Как уже указывалось, мощность потерь в сердечнике возрастает с увеличением его объема. Поэтому объем сердечников выбран сравнительно небольшим. Для сравнения на рис. 9 показаны в одном масштабе пластины сердечников различных головок. Пластины старых тороидальных головок показаны на рис. 9, *а*; пластины головок, показанных на рис. 7, приведены на рис. 9, *в*. Материал пла-

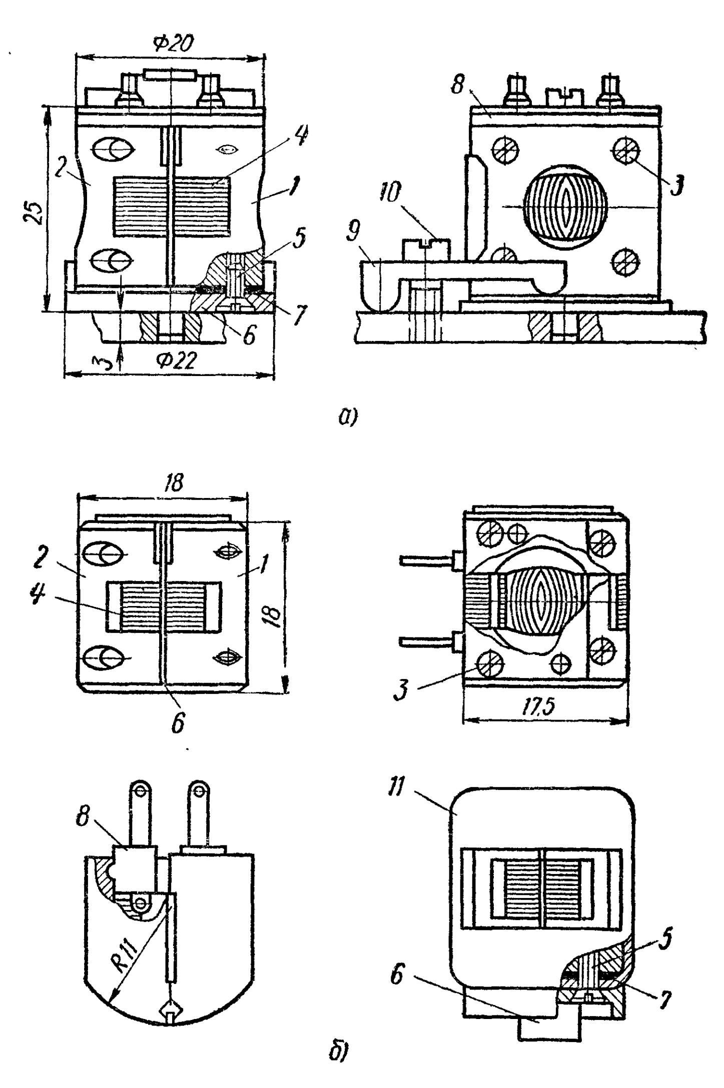
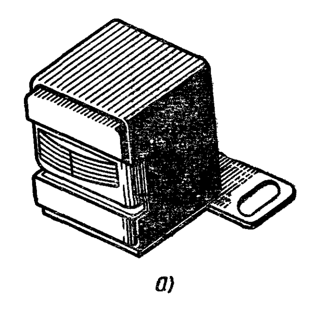


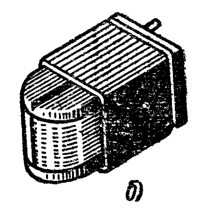
Рис. 8. Устройство головок.

Рис. 9. Сердечники головок.

стин — сплав 79НМ для головок воспроизведения и 50НХС для записывающих и стирающих головок. В тех случаях, когда повышены требования к долговечности головок, применяют железоалюминиевые сплавы.



а)



б)

Рис. 10. Малогабаритные головки.

Склейка пластин и вклеивание сердечника в корпус производится специальным клеем, изготовленным на основе эпоксидной смолы ЭД-6. Прокладки в зазорах слюдяные. Дополнительный зазор в головке воспроизведения не делается. Благодаря применению неметаллических прокладок головки записи и стирания при длительной работе нагреваются слабо. Оба варианта конструкции позволяют изготавливать головки с шириной рабочего зазора от 3 мкм.

Наиболее трудоемкая и ответственная операция при изготовлении тороидальных головок — обработка рабочей поверхности. Эта операция выполняется или вручную, или на очень сложных станках, работающих по принципу маятника. При изготовлении головки с цилиндрическим корпусом (рис. 7, *а*) эту операцию можно выполнять на шлифовальном станке. Вместо того чтобы обрабатывать торцы полусердечников отдельно с помощью переходных приспособлений,

в новых головках эта обработка выполняется после установки в полукорпус совместно с ним.

Малогабаритные головки изображены на рис. 10. Головка (рис. 10, *а*) применяется в репортажных и перевозимых профессиональных магнитофонах. Устройство такой головки показано на рис. 11, *а*, пластина сердечника — на рис. 9, *е*. Сборка головки вы-

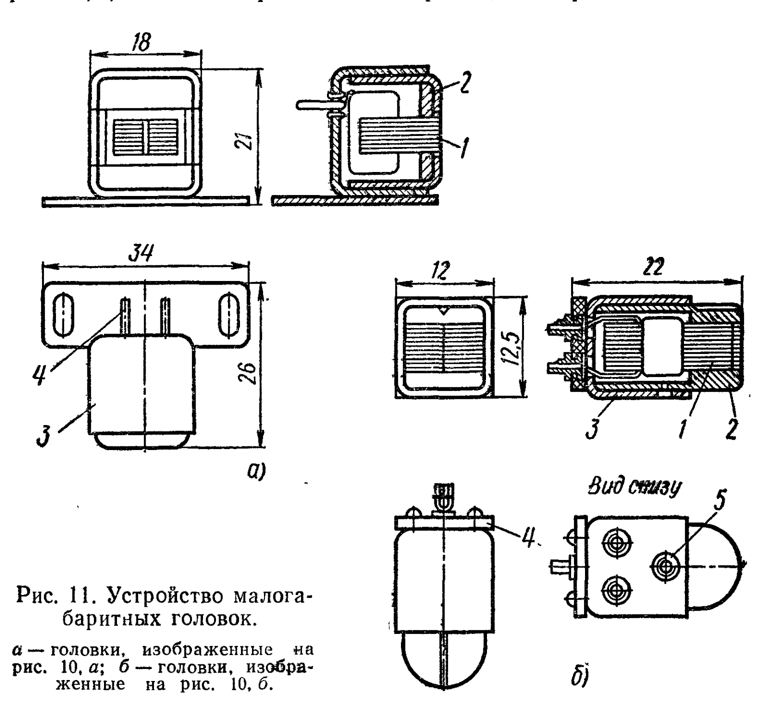


Рис. 11. Устройство малогабаритных головок.

а — головки, изображенные на рис. 10, *а*; *б* — головки, изображенные на рис. 10, *б*.

полняется в следующей последовательности: полусердечники *1* с обмоткой скрепляются вместе, причем предварительно между ними с помощью прокладки устанавливается требуемый зазор; затем сердечники приклеиваются (или впрессовываются, если они не склеены вместе) к пластмассовой рамке *2*, после чего в особой форме или непосредственно в экране *3* заливаются эпоксидным компаундом. Обмотка каркасная, катушка надевается на среднюю часть сердечника. Начало и конец обмотки припаиваются к контактам *4*, укрепленным в изоляционных втулках. Материал экрана головки — сплав 79НМ. Головка (рис. 10, *б*) используется в аппаратуре при жестких требованиях к размеру головки в направлении движения ленты и при необходимости размещения обмотки с достаточным количеством витков и малым активным сопротивлением.

Основным недостатком малогабаритных головок является волнистость частотной характеристики воспроизведения в области больших волн записи (так называемая «змейка»). Данная конструкция

головки с закругленной формой сердечника со стороны рабочей поверхности устраняет такую волнистость. Частотная характеристика головки имеет только плавный подъем, т. е. некоторое увеличение отдачи на низких частотах, что является иногда даже желательным.

Пластина сердечника, использованная в головке (рис. 10, *б*), приведена на рис. 9, *б*. Форма носика пластины такова, что в про-

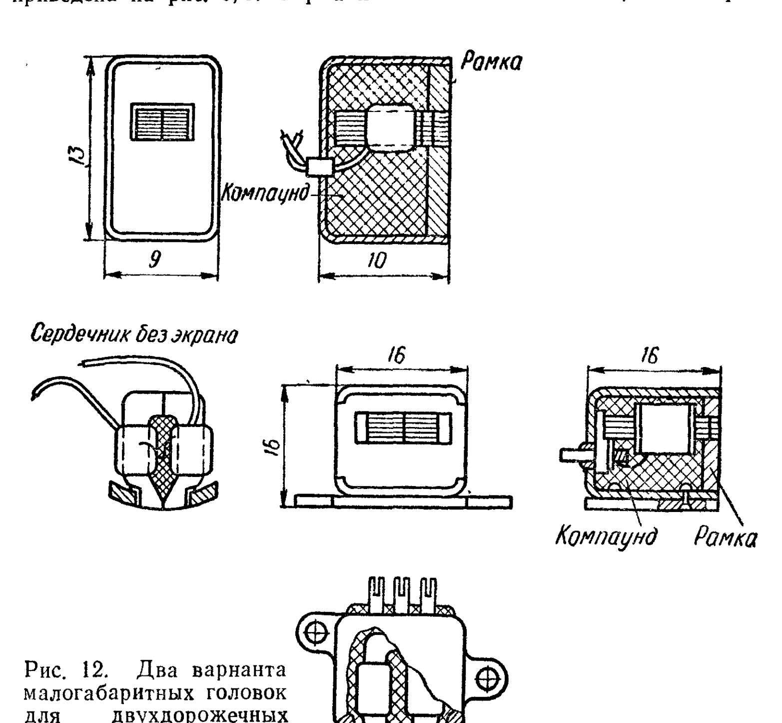


Рис. 12. Два варианта малогабаритных головок для двухдорожечных магнитофонов.

цессе шлифовки торцов полусердечников сохраняется заданная глубина рабочего зазора, чем достигается большая идентичность головок.

Перед нанесением обмоток на полусердечники вытянутые их части обертываются двумя или тремя слоями конденсаторной бумаги или лавсановой пленки толщиной 7—10 мкм. Накладки *2* (рис. 11, *б*) приклеиваются эпоксидным клеем к собранным полусердечникам *1*, и далее сборка осуществляется так же, как в головке, изображенной на рис. 10, *а*. Выводы обмоток припаиваются к контактам плинта *4*. С помощью отверстий с резьбой *5* в экране *3* головка тремя винтами укрепляется в лентопротяжном механизме.

На рис. 12 показано устройство двух малогабаритных универсальных головок для бытовых двухдорожечных магнитофонов. Из рисунков видно, что эти головки отличаются от предыдущих конструкций только формой, размерами сердечников и применением

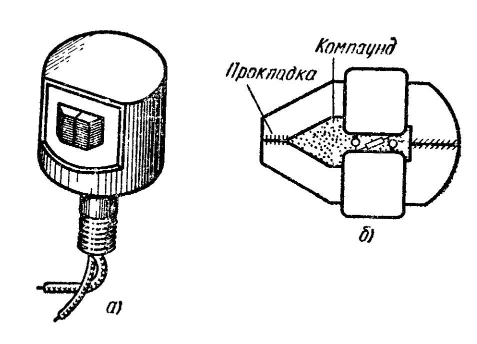


Рис 13. Головка воспроизведения для кинопроектора

а — внешний вид; *б* — устройство.

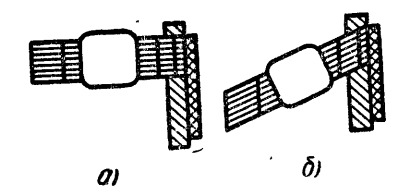


Рис. 14. Два варианта расположения сердечника в головке.

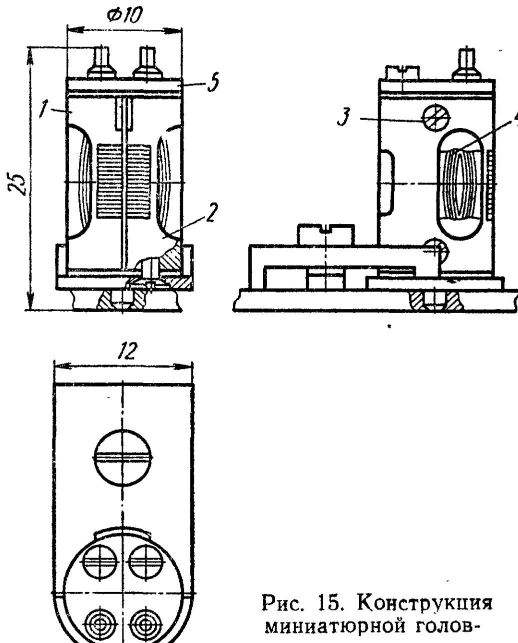


Рис. 15. Конструкция миниатюрной головки.

металлической рамки из диамагнитного материала, подобранного по температурному коэффициенту расширения и износостойкости, близкими к материалу сердечника. Пластины сердечников обеих головок показаны соответственно на рис. 9, *ж*, *л*.

На рис. 13 приведен общий вид головки воспроизведения от узкопленочного кинопроектора, а пластина сердечника ее показана на рис. 9, *и*. Особенностью конструкции является «клювообразная» форма сердечника, обеспечивающая плотное прилегание к нему сравнительно упругой кинопленки. Крепление головки в аппарате производится с помощью втулки с резьбой и гайки.

Размеры головок для двухдорожечных магнитофонов можно еще уменьшить, если располагать сердечник не параллельно основанию головки (рис. 14, *а*), а под некоторым углом (рис. 14, *б*). Это позволяет разместить обмотку головки так, что она не выступает за уровень магнитной ленты. Такое решение более оправданно, чем производимое иногда с той же целью выпиливание в сердечнике паза для обмоток, что увеличивает магнитное сопротивление сердечника.

Миниатюрная головка, применяемая, в частности, в студийном магнитном реверберaторе, показана на рис. 15. Применение миниатюрных головок необходимо при жестких требованиях к размерам, массе и помехоустойчивости аппаратуры. Особенностью конструкции является малый объем сердечника, малые размеры корпуса и система сборки головки, обеспечивающая ей устойчивую работу в разнообразных климатических условиях.

Цилиндрический корпус головки состоит из половин *1* и *2*, соединенных между собой стяжными винтами *3*. Стягивающие силы действуют строго перпендикулярно к плоскости зазоров. Каждая половина имеет пазы для установки полусердечника с обмоткой *4*. Выводы обмоток пропускаются через отверстия в корпусе и припаиваются к контактам плинта *5*. Расположение обмоток симметричное. Объем сердечника выбран предельно малым, чтобы уменьшить воздействие внешних помех и потери энергии на гистерезис и вихревые токи. Пластина сердечника головки показана на рис. 9, *к*. Миниатюрные головки изготовляют записывающими и воспроизводящими.

Головки с пластинчатым сердечником

Само название сердечника в значительной степени определяет его устройство. На рис. 16 изображены разнообразные варианты таких сердечников. Они просты, миниатюрны и дешевы. Значительная часть выпущенных бытовых магнитофонов имеет головки с пластинчатыми сердечниками. Однако такие головки не используются в магнитофонах для высококачественной записи из-за несколько худших характеристик. К основным недостаткам головок с пластинчатыми сердечниками относятся: большие частотные потери из-за монолитности сердечника, доходящие до 6—8 дБ уже на частоте 5000 Гц; малое сечение, уменьшающее коэффициент шунтирования *А* и снижающее поэтому эффективность головки при воспроизведении; трудность получения правильной формы рабочего зазора. Кроме того, малая длина рабочей поверхности в направлении движения ленты у большей части таких сердечников (рис. 16, *е* — *н*) является причиной волнообразности частотной характеристики воспроизведения на средних и низких частотах даже при сравнительно небольших скоростях движения ленты.

Головки с пластинчатым сердечником и большой длиной рабочей поверхности (рис. 16, *а* — *д*) по форме частотной характеристики и коэффициенту шунтирования почти равноценны головкам с пакетным сердечником, однако наличие больших частотных потерь в сердечнике делает их также не пригодными для применения в высококачественной аппаратуре.

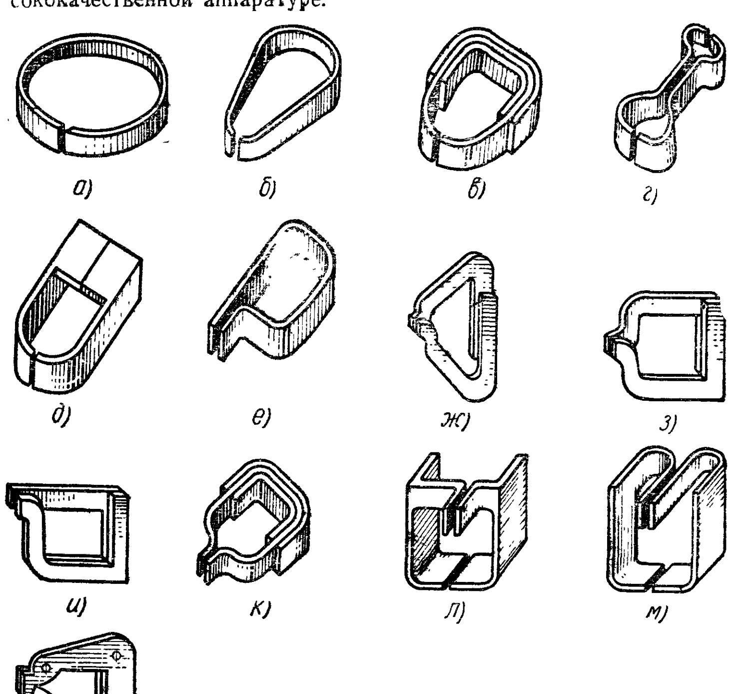


Рис. 16. Пластинчатые сердечники головок.

Головки с пластинчатыми сердечниками целесообразно использовать только в дешевых магнитофонах, работающих на очень малых скоростях.

Два варианта головок с пластинчатым сердечником и малой длиной рабочей поверхности показаны на рис. 17. Головка, изображенная на рис. 17, *а*, наиболее распространена благодаря несложной технологии изготовления и очень экономичному использованию дорогостоящего материала для сердечника. Сердечник собран из двух одинаковых пластин *1*, показанных на рис. 16, *н*. Пластины стянуты скобой *2*. Рабочий зазор образуется прокладкой *3*, помещаемой в зоне взаимного перекрытия носиков пластин. Катушка с обмоткой *4* надевается на тыльную сторону сердечника. Для предупреждения образования короткозамкнутого витка между сердечником и латунной скобой *2* ставится изолирующая прокладка *5*. Выводы обмотки соединяются с двумя контактными штырьками *6*.

Сердечник и арматура головки электрически соединены с внешним экраном и залиты пластмассой.

К недостаткам конструкций, кроме изменения рабочих свойств во времени и при резких колебаниях температуры, следует отнести и сам конструктивный способ получения рабочего зазора путем взаимного перекрытия пластин. Он не обеспечивает требуемого постоянства длины рабочего зазора (ширины дорожки записи) как у только что изготовленных головок, так и по мере их износа.

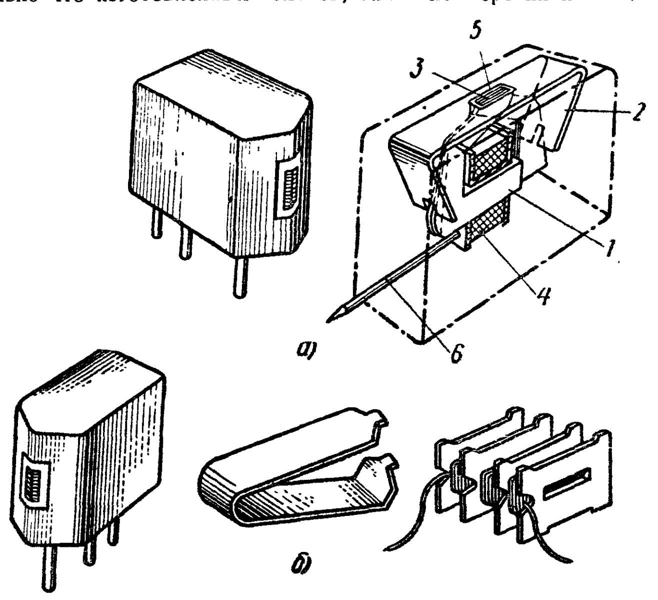


Рис. 17. Два варианта головок с пластинчатым сердечником.

Головка, изображенная на рис. 17, *б*, отличается от предыдущей еще более простым устройством сердечника, получаемого путем изгибания полоски пермаллоя. Для уменьшения собственной емкости обмотка головки намотана на каркасе, имеющем несколько секций.

Сборка головки сводится к установке прокладки между суженными концами пластины сердечника, которые затем стягиваются с помощью специального приспособления и закрепляются клеем через отверстие в латунной планке. Для предупреждения образования короткозамкнутого витка металлическую прокладку в зазоре изолируют от латунной планки. Собранный сердечник со всей арматурой с помощью эпоксидного компаунда закрепляется в пермаллоевом экране.

Примеры конструкций головок

Головки с комбинированным сердечником. В тех случаях, когда к головкам предъявляют требования эффективной работы в широком диапазоне частот, повышенной стойкости к истиранию лен-

той и сравнительно невысокой стоимости изготовления, сердечники выполняют комбинированными из разнородных магнитомягких материалов. Такие головки применяют, например, в аппаратах с большой скоростью записи.

На рис. 18 показано несколько вариантов комбинированных сердечников. Основная часть сердечника *1* выполняется из материала с оптимальными магнитными свойствами (малые потери в рабочем диапазоне частот и малое магнитное сопротивление),

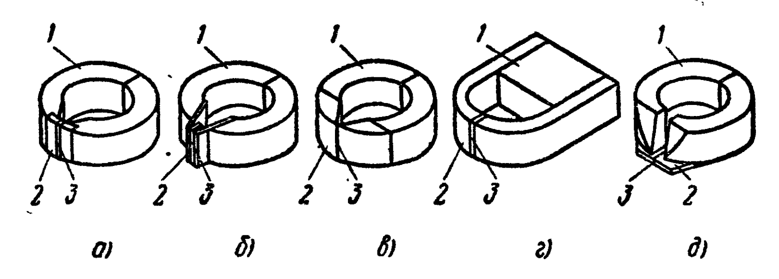


Рис. 18. Устройство комбинированных сердечников.

меньшая часть *2*, с помощью которой образуется рабочий зазор *3* (так называемые полюсные наконечники), выполняется из износостойкого материала. В зависимости от требований к головке комбинация материалов в сердечнике может быть различной. Например, для головок видеозаписи (рис. 18, *д*) основная часть сердечника — ферритовая, а полюсные наконечники изготовляют из альфенола. В сердечнике, показанном на рис. 18, *б*, основная часть выполняется из склеенных в пакет тонких пластин железоникелевых сплавов, имеющих хорошие магнитные и плохие механические свойства, а полюсные наконечники делают из более толстых и износостойких пластин железоалюминиевого или железо-алюминий-кремниевого сплава.

В студийных видеомагнитофонах с наклонно-строчной записью четырьмя головками со скоростью 40 м/с подобные головки до недавнего времени имели широкое распространение.

Благодаря совмещению феррита и металла в головке достигается стабильность формы рабочего зазора при абразивно-ударно-высокоскоростном износе, уменьшаются потери на высоких частотах и исключаются контактные шумы феррита, поскольку последний не соприкасается с носителем. Сложные условия износа и требуемое большое отношение сигнал/шум в канале записи упомянутых студийных видеомагнитофонов пока не позволяют исключить магнитные сплавы из головок и делать их ферритовыми.

Головки для записи с повышенной плотностью. Возможности человеческого слуха определяют основные требования к качеству звукозаписи. К ним относится частотная характеристика, простирающаяся до 12 000—16 000 Гц, достаточно большое отношение сигнал/шум (50—60 дБ) и малые нелинейные искажения (1,5—2%). На существующих лентах и обычных головках эти требования выполняются при плотности записи до 150 Гц/мм. Дальнейшее увеличение плотности без снижения качества записи может быть достигнуто только с помощью новых лент, имеющих лучшие рабочие свой-

ства, и применением особых конструкций головок записи. На рис. 19 схематически показаны устройства таких головок.

На рис. 19, *а* изображен способ записи с внешним подмагничиванием с помощью двух головок, располагаемых напротив друг друга по обеим сторонам магнитной ленты. В узком рабочем зазоре головки, обращенной к рабочему слою ленты, возбуждается поле низкой частоты (поле записи), а в широком зазоре другой головки — поле высокочастотного подмагничивания, причем зазор, создающий поле записи, несколько смещен в направлении движения ленты относительно зазора головки подмагничивания. Взаимодействие

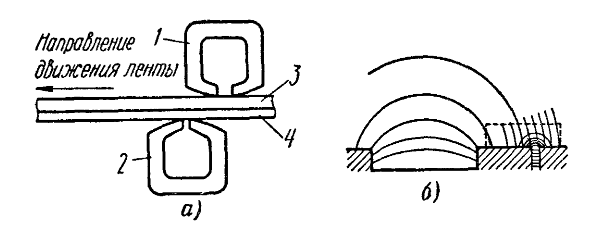


Рис. 19. Головки записи с повышенной плотностью.

а — способ записи с внешним подмагничиванием; *б* — головка с фокусировкой магнитного поля; *1* — головка подмагничивания; *2* — головка записи; *3* — основа ленты; *4* — рабочий слой.

полей двух головок приводит к улучшению условий записи в поверхностной части ленты (т. е. на коротких длинах волн) и к более равномерному намагничиванию по всей толщине рабочего слоя ленты.

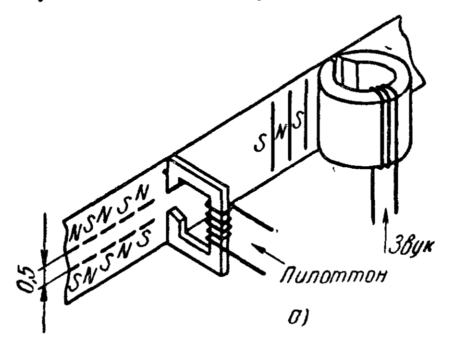
Другой способ записи с применением одной комбинированной головки с так называемым «Х-полем» показан на рис. 19, *б*.

Головка имеет два рабочих зазора. В правом узком зазоре возбуждаются два поля: поле низкой частоты и поле высокочастотного подмагничивания. В левом широком зазоре возбуждается только высокочастотное поле той же частоты, что и подмагничивание. Левый зазор образует в области правого зазора почти перпендикулярное поле, накладывающееся на поле правого зазора. При этом способе взаимодействие полей зазоров также приводит к улучшению записи коротких длин волн, однако такая головка по сравнению со способом записи двумя головками менее эффективна, сложна в изготовлении, поэтому не нашла широкого распространения.

Головки пилоттона. Магнитная запись находит широкое применение при озвучении любительских фильмов. Для этого изображение и звук или фиксируются на общей кинопленке с магнитными дорожками и тем самым исключается их расхождение во времени, или используются съемочные камеры и обычные магнитофоны. В последнем случае, для того чтобы избежать расхождения во времени между изображением и звуком, на магнитную ленту одновременно с продольной звуковой дорожкой поперечным полем записывают управляющий сигнал, называемый пилоттоном, частота которого равна частоте смены кадров съемочной камеры. При демонстрации фильма сигналы пилоттона воспроизводятся и после соответствую-

щего усиления используются для синхронизации электродвигателя проектора или магнитофона.

На рис. 20, *а* схематически показан принцип записи пилоттона на магнитную ленту шириной 6,25 мм. Устройство используемой для этого универсальной головки изображено на рис. 20, *б*. Сердечник *1* с обмоткой *3*, собранный из двух одинаковых Г-образных пластин, с помощью эпоксидного клея прикреплен к латунной планке *2*. Рабочий зазор образуется латунной прокладкой *4*. Сердечник и вся арматура закреплены пластмассой *6* в пермаллоевом экране *5*.



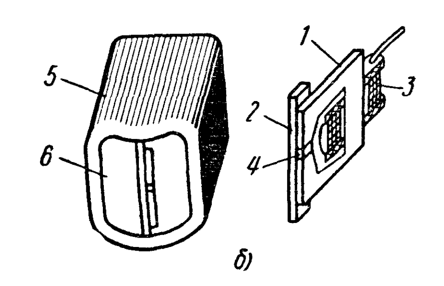


Рис. 20. Принцип записи пилоттона (*а*) и устройство используемой при этом универсальной головки (*б*).

При изготовлении таких головок особое внимание следует обратить на то, чтобы верхние слои обмотки располагались на расстоянии не менее 3—4 мм от рабочей поверхности головки. В противном случае магнитное поле рассеяния будет воздействовать на всю ленту и ухудшать основную запись.

Известен также и другой способ записи управляющего сигнала синхронизации, получивший название неопилоттона. Согласно этому способу сигнал синхронизации записывается продольным намагничиванием по двум дорожкам в противофазе, чтобы свести к минимуму проникание этого сигнала в канал воспроизведения основного сигнала. Разделение записи управляющего сигнала на две дорожки осуществляют применением двух сердечников (рис. 21, *а*). При этом симметрирование записи достигается путем преобразования управляющего сигнала в две противофазные составляющие. При воспроизведении управляющего сигнала противофазные составляющие после преобразования суммируются.

Для создания неопилоттона необходимо применение двух магнитных головок (раздельных или объединенных в блок), которые должны иметь возможно более идентичные параметры. Трудности создания таких головок практически исключаются, если применять новую конструкцию головки, показанной на рис. 21, *б*.

Магнитопровод головки образован С-образным сердечником *1*, несущим обмотку возбуждения *2*, причем с одной стороны к С-образному сердечнику *1* примыкает пластинчатый стержень *3*. Рабочие

зазоры образуются с помощью немагнитных прокладок 4 и 5 между С-образными ответвлениями сердечника и стержнем в зоне взаимного перекрытия, причем немагнитные прокладки находятся строго в общей плоскости, перпендикулярной к направлению движения носителя. В отверстиях сердечника и стержня помещены винты 6 и 7 из магнитного материала, выполняющие функции магнитных шунтов.

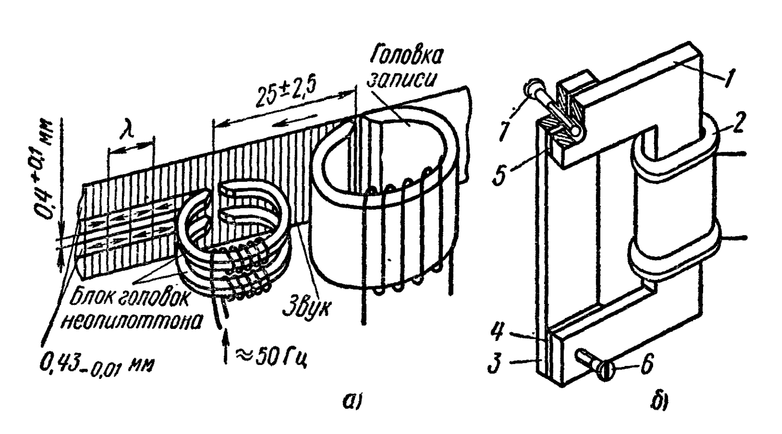


Рис. 21. Принцип записи неопилоттона (*а*) и устройство сердечника двухдорожечной универсальной головки (*б*).

При записи сигнал синхронизации поступает на обмотку и создает магнитный поток в сердечнике, замыкающийся через рабочие зазоры и пластинчатый стержень. Магнитный поток переходит из плоскости сердечника в плоскость стержня через один рабочий зазор, а из плоскости стержня в плоскость сердечника через другой рабочий зазор. Магнитные потоки в переходах направлены в противоположные стороны, что позволяет осуществить запись управляющего сигнала на магнитную ленту по двум дорожкам в противофазе при точном временном соотношении.

Точное симметрирование магнитных потоков в рабочих зазорах можно получить, изменяя положение (вращением) шунтов 6 или 7 по минимуму проникания записи управляющего сигнала в основной канал в процессе записи — воспроизведения.

При воспроизведении управляющего сигнала рабочие потоки в магнитопроводе складываются синфазно и индуцируют суммарную э. д. с. в обмотке идентичной головки.

Противофазная запись подобными головками может быть нанесена не только на две, но и на большее четное число дорожек и не только для записи управляющего сигнала синхронизации, но и для ряда случаев записи сигнала, несущего основную информацию.

Головки стирания. Для стирания применяются головки трех типов: с постоянным магнитом, с возбуждением постоянным током и с возбуждением током высокой частоты (от 20 кГц и выше). Наиболее распространен последний тип головок.

По своей конструкции головка стирания представляет собой обычную головку, у которой металлический сердечник чаще всего заменен ферритовым. Головка стирания может быть выполнена в любом конструктивном варианте головок записи. В частности, в недорогих магнитофонах иногда применяют головки стирания с пластинчатыми сердечниками.

Конструкция простой головки стирания показана на рис. 22. Головка состоит из сердечника *1* с обмоткой и латунной планки *2*.

Пластина сердечника (см. рис. 9, *м*) выполнена в виде цифры 8 с двумя отверстиями: одно — для образования магнитопровода с просечкой для рабочего зазора *3*, который заполняется диамагнитной прокладкой, другое — для крепления головки в магнитофоне. Прокладка рабочего зазора толщиной 0,1—0,2 мм может быть выполнена как металлической, так и неметаллической.

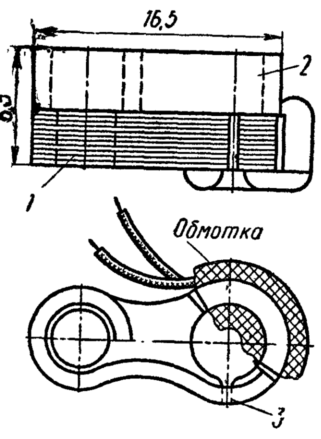


Рис. 22. Конструкция головки стирания.

Головки стирания с постоянными магнитами не нуждаются в источниках питания, поэтому они могут применяться в небольших и экономичных магнитофонах. К недостаткам таких головок следует отнести необходимость их отвода от ленты после стирания и больший уровень шума ленты по сравнению с шумом ленты, размагниченной полем высокой частоты.

Принцип действия головки с постоянным магнитом показан на рис. 23, *а*. В направлении движения ленты создается плавно убывающее, переменное по направлению магнитное поле. Лента при движении через это поле подвергается нескольким циклам перемагничивания, вследствие чего она размагничивается. Головка устанавливается так, чтобы она касалась ленты одним из крайних зазоров. Угол между головкой и направлением движения ленты устанавливается опытным путем. Головка стирания (рис. 23, *б*) имеет пять рабочих зазоров, и, следовательно, лента, движущаяся вдоль головки, 6 раз меняет свою намагниченность. Дальнейшее увеличение числа зазоров не улучшает стирания.

Для стирания записи с многодорожечной фонограммы, когда необходимо уменьшить влияние на соседнюю дорожку, применяется головка, показанная на рис. 23, *в*. В этой головке рабочие зазоры образуются зубьями верхней и нижней щек, между которыми винтами или сваркой крепится магнит. Ширина рабочих зазоров составляет примерно 0,2 мм. Магнит выполнен из сплава альни.

Головки бесконтактного стирания. В современной аппаратуре, например в видеомагнитофонах, наряду с контактным стиранием начинает широко применяться бесконтактное стирание (способ стирания, при котором отсутствует механический контакт между сигналограммой и стирающим элементом).

Известно, что для эффективного магнитного стирания необходимо действие на носитель плавно убывающего магнитного поля с до-

статочным числом циклов перемагничивания. Известно также, что продольная составляющая магнитного поля с удалением от поверхности головки стирания имеет все более рассеянное распределение. При этом увеличивается ширина зоны стирания и число циклов перемагничивания. Поэтому при создании некоторого зазора между лентой и головкой можно улучшить стирание.

К достоинству бесконтактного способа стирания следует отнести: исключение абразивного трения головки стирания с лентой,

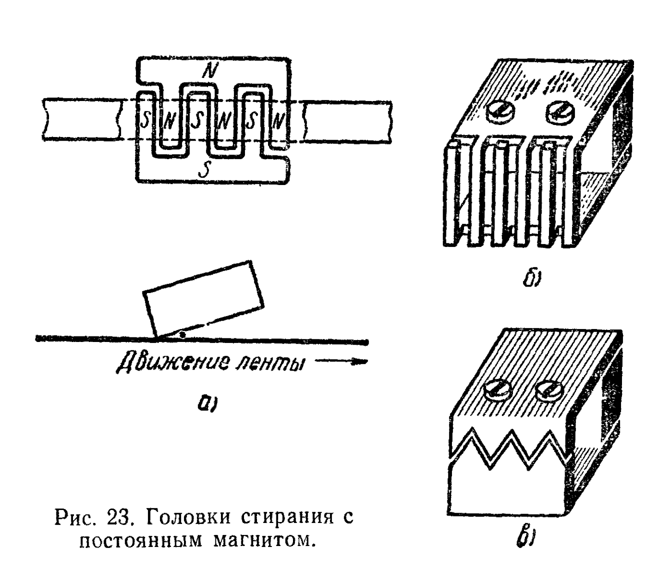


Рис. 23. Головки стирания с постоянным магнитом.

практически исключается износ головки стирания, уменьшение вероятности повреждения рабочего слоя ленты, возможность использования магнитных материалов для головок стирания более широкого ассортимента.

Устройство головок бесконтактного стирания подобно устройству обычных головок; отличием служат размеры рабочего зазора и способ расположения головки со стороны основы ленты или с рабочей стороны с немагнитным зазором, например через лавсановую прокладку.

Головка стирания (см. рис. 37), имеющая $S_р = 2 \times 120$ мкм и $w = 120$ витков, обеспечивает относительный уровень стирания — 65 дБ при контактном стирании записи сигнала 400 Гц (уровень записи 512 нВб/м, лента типа 6, скорость 19,05 см/с) и рабочем токе 40 мА и при бесконтактном стирании этой же головкой с зазором 40 мкм (головка установлена со стороны основы ленты) при рабочем токе 80 мА.

К недостаткам головок бесконтактного стирания относятся большая потребляемая мощность и увеличенные помехи, создаваемые полем рассеяния головки.

Комбинированные головки

Комбинированные головки в отличие от универсальных позволяют одновременно выполнять функции нескольких головок, чаще всего двух, например универсальной (записи — воспроизведения) и стирания или головки записи и головки воспроизведения. Комбинированная головка может иметь как раздельные сердечники для обеспечения соответствующих функций головки, так и один общий. На рис. 24, *а* показано устройство простой комбинированной головки с двумя сердечниками, разнесенными в направлении движения ленты. Один сердечник используется для записи и воспроизведения,

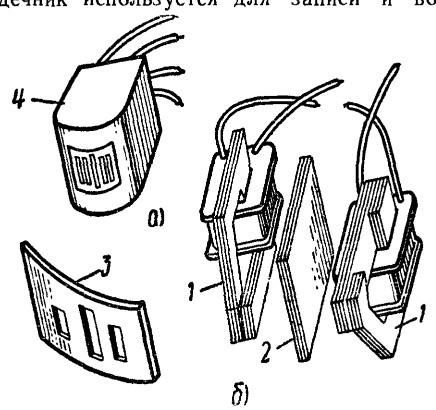


Рис. 24. Комбинированная головка.

а — внешний вид; *б* — устройство.

другой — для стирания. Подобная головка очень удобна для применения в небольших магнитофонах. Сердечники *1* головки, показанной на рис. 24, *б* — пластинчатые, с малой длиной рабочей поверхности и несимметричной формой. Между сердечниками расположен экран *2*. Соединение каждого сердечника, закрепление их в латунной планке *3* и фиксация в общем пермаллоевом экране *4* (рис. 24, *а*) выполняются в приспособлении с помощью заливочного компаунда.

Недостатком устройств простых комбинированных головок является относительно большая временная задержка между выполняемыми функциями, определяемая расстоянием между рабочими зазорами. Это расстояние трудно поддается сокращению из-за взаимного влияния магнитных цепей головок. В случае превышения уровня рабочих сигналов в одной части головки на несколько порядков по отношению к другой влияние оказывается односторонним. Влияние, большая часть которого обусловлена магнитной индукцией, приводит к прониканию сигналов из записывающей части головки в воспроизводящую и искажает воспроизводимый сигнал.

Известно несколько методов, позволяющих уменьшить проникание. Из них наиболее распространенным является экранирование частей сердечника, который из-за относительной громоздкости самих экранов не позволяет близко располагать рабочие зазоры

Полностью устранить проникание не удается, поэтому одним из основных и трудновыполнимых параметров такой головки становится переходное затухание, главным образом связанное с проникание магнитного потока из записывающей части головки в воспроизводящую. На рис. 25 схематично показаны некоторые конструктивные варианты комбинированных головок, в которых проникание уменьшено применением особой формы сердечника и расположения обмоток.

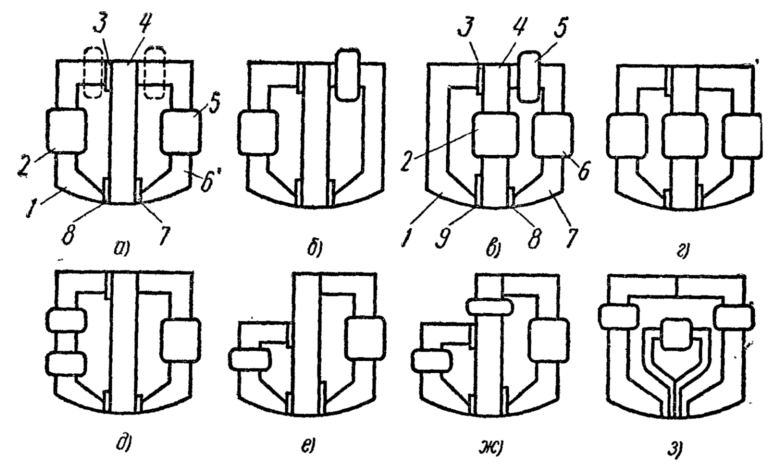


Рис. 25. Магнитопроводы комбинированных головок.

а — упрощенное устройство; *б* — с расположением обмоток под углом 90°; *в* — с магнитной компенсацией; *г*, *д* — с компенсационными обмотками; *е*, *ж* — с сердечниками частей головки разных размеров; *з* — с совмещенными рабочими зазорами.

В головке, показанной на рис. 25, *а*, для уменьшения проникания центральный элемент сердечника может быть выполнен из отдельных частей и содержать магнитный экран (рис. 26, *а*, *б*). Подобная конструкция головки обладает новыми эксплуатационными возможностями. На рис. 26, *в* показана схема переключения обмоток такой головки. В верхнем (по схеме) положении переключателя производится запись и стирание, в нижнем — воспроизведение двумя зазорами. В режиме воспроизведения обмотки включены последовательно. Суммарная э. д. с. в обмотках определяется двумя рабочими зазорами — узким и широким, что дает в области низких частот увеличение полезного сигнала.

Интересным также является расположение обмоток, показанное на рис. 25, *б*. Обмотки расположены так, что возбуждаемые ими поля ориентированы относительно друг друга под углом 90°, когда их взаимное влияние ослаблено до минимума.

На рис. 25, *в—з* показаны другие варианты выполнения обмоток головок, из которых представляет интерес расположение, показанное на рис. 25, *в*. Для осуществления такой головкой одновременно записи и воспроизведения обмотки *2*, *6* включаются так, что потоки в той части сердечника, где расположены эти обмотки, на-

правлены встречно и компенсируются, а в другой части они имеют общее направление и складываются. Таким образом, левая часть головки является записывающей, а правая часть и обмотка *5* — воспроизводящей. Хотя таким способом можно и уменьшать влияние записывающей части на воспроизводящую, однако это достигается при постоянной строгой симметрии потоков, возбуждаемых

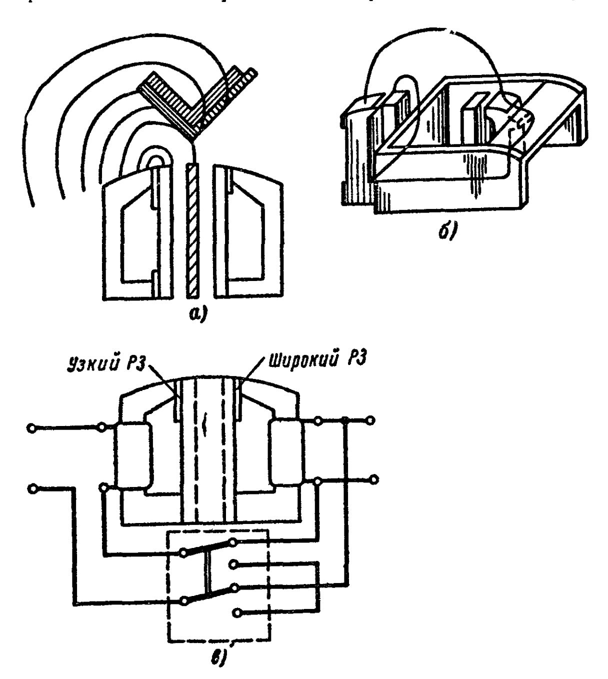


Рис. 26. Комбинированные головки.

обмотками *2*, *6*. При нарушении симметрии в воспроизводящей части возникает поток возбуждения. Эта часть также начинает записывать.

Более подробно остановимся на устройствах головок с компенсацией проникания способом, позволяющим сближать рабочие части головки без существенных ухудшений рабочих характеристик.

На рис. 27 показано несколько вариантов таких головок, а на рис. 28 соответственно изображены их упрощенные эквивалентные схемы. Позиции, указанные на рисунках головок, соответствуют позициям на их эквивалентных схемах. На рис. 27, *а* показана головка с пластинчатым сердечником, построенным по так называемой мостовой схеме с магнитной компенсацией.

Магнитная цепь записывающей части образована С-образной пластиной *1* с обмоткой *2* и средним стержнем *3*, между которыми помещаются немагнитные прокладки рабочего зазора *4* и дополнительного зазора *5*. Магнитная цепь воспроизводящей части образо-

вана стержнем *3* и Ш-образной пластиной *8* с обмоткой *6* на ее средней части *7*, между которыми помещаются немагнитные прокладки рабочего зазора *9* и симметрирующего зазора *10*. Если обратиться к эквивалентной схеме этой головки (рис. 28, *а*), то плечи моста *А—С*, *А—D*, *С—В*, *В—D* представляют собой последовательное соединение магнитных сопротивлений частей сердечника *1*, *3*, *7*, *8* и за-

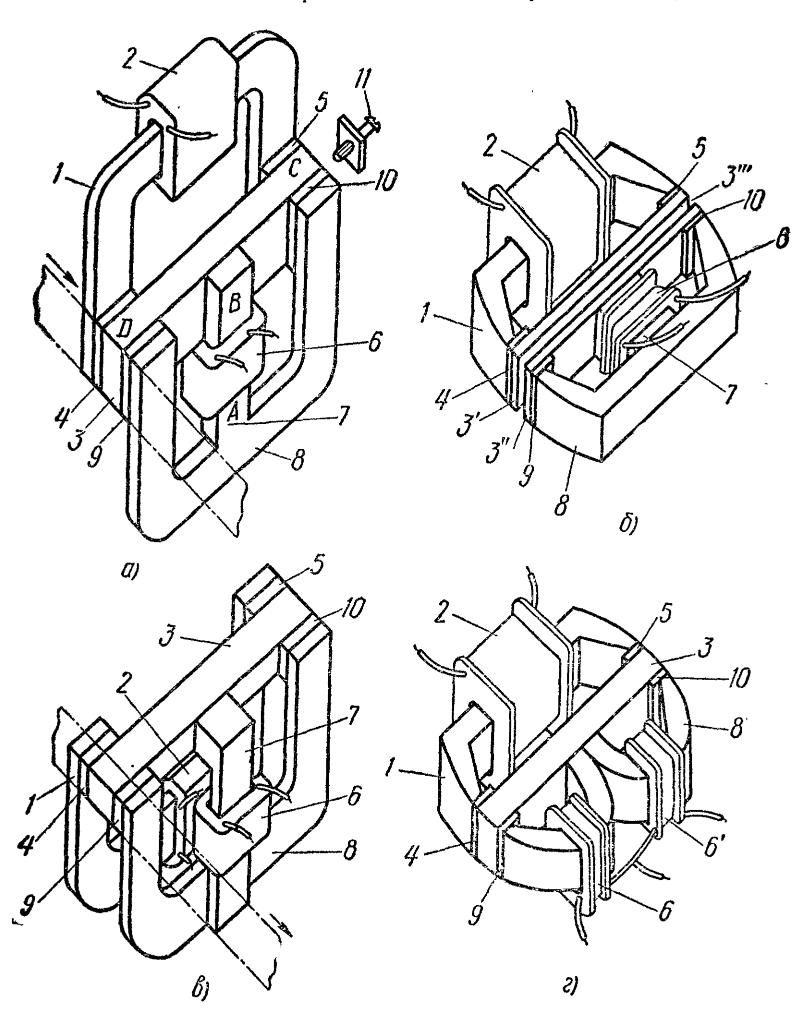


Рис. 27. Комбинированные головки.

а — с пластинчатым сердечником; *б* — без симметрирующего шунта; *в* — с магнитной компенсацией; *г* — с электрической компенсацией способом двух обмоток.

зоров *4*, *5*, *9*, *10*. Поскольку магнитное сопротивление зазора велико по сравнению с сопротивлением частей магнитопровода, то практически можно считать, что магнитному сопротивлению каждого плеча моста соответствует один из немагнитных зазоров головки. Например, магнитному сопротивлению плеча *A—C* соответствует зазор *10*, плечу *A—D* соответствует зазор *9*. Изменяя магнитное сопротивление зазора *10*, можно сбалансировать мост так, что магнитный поток, созданный обмоткой записи *2*, не возбуждает э. д. с. в воспроизводящей обмотке *6*. Магнитное сопротивление зазора *10* изменяется

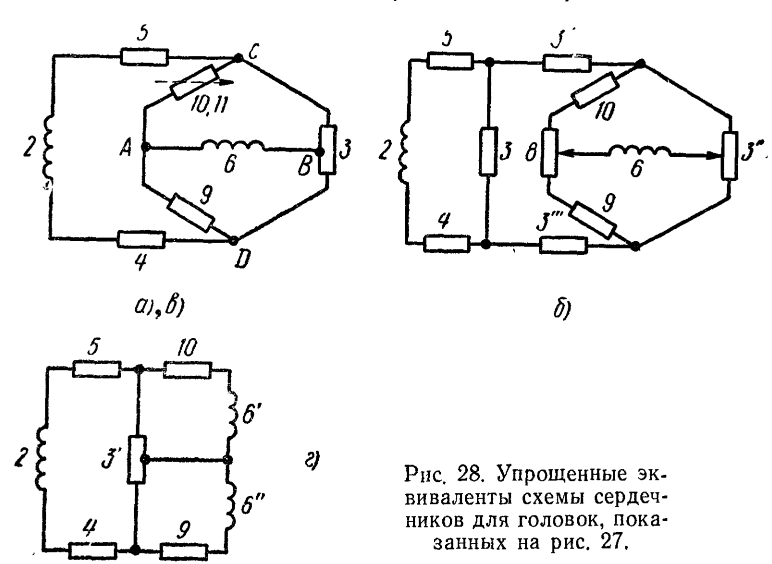


Рис. 28. Упрощенные эквиваленты схемы сердечников для головок, показанных на рис. 27.

магнитным шунтом *11*. Перемещая шунт в области зазора *10*, можно изменять магнитное сопротивление последнего и затем зафиксировать положение, при котором достигается балансировка моста магнитопровода.

Таким образом, благодаря мостовой конфигурации магнитопровода, представляется возможность значительно сближать рабочие зазоры частей головки. Уменьшение взаимовлияния между частями головки обеспечивается также и перпендикулярным расположением обмоток.

Некоторым недостатком рассмотренной головки можно считать необходимость симметрирующего шунта, поскольку точное выполнение частей магнитопровода и его точная сборка затруднены. Применение шунта связано с уменьшением чувствительности головки при воспроизведении из-за ответвления некоторой части полезного магнитного потока и, кроме того, делает балансировку частотно-зависимой.

На рис. 27, *б* показана головка, отличающаяся от предыдущей устройством мостового магнитопровода без магнитного шунта. Все части сердечника этой головки пакетные — склеенные из пластин. Средний стержень — составной из частей *3′* и *3″* с немагнитным за-

Таблица 6

Параметры		Запись	Воспроизведение
Ширина зазора, мкм	рабочего	14	11
	дополнительного	14	11
Длина рабочего зазора, мм		1,8	1,8
Обмотка	Число витков	350	550
	Индуктивность, мГн	5	30
	Сопротивление, Ом	20	150
Расстояние между рабочими зазорами, мм		4	
Относительный уровень проникания при $f=1000$ Гц, дБ		—50	
Ток[1] при $U=38{,}1$ см/с и ленте типа 6, мА	записи $f=400$ Гц	0,5	—
	подмагничивания $f=80$ кГц	4	—
Отдача[2], мВ		—	0,4

[1] Соответствует действующему значению остаточного магнитного потока 256 нВб/м.

[2] При воспроизведении записи измерительной ленты ЛИР1-38У.

зором *3‴*. Обмотка *6* помещается на встроенном дополнительном магнитопроводе *7*.

Благодаря введению немагнитного зазора *3‴* достигается некоторое ослабление проникания, которое позволяет снизить требования к точности регулировки баланса моста. При условии одинаковых зазоров *9* и *10*, когда они равны или близки по магнитному сопротивлению, представляется возможность осуществить регулировку баланса моста смещением магнитопровода *7*, находящегося в диагонали моста. Хотя такой способ регулировки в процессе изготовления головки сложнее, чем магнитный шунт, однако он позволяет осущест-

вить частотно-независимую регулировку в широком диапазоне частот и без уменьшения чувствительности головки.

На рис. 27, *в* изображено еще одно устройство головки с компенсацией магнитных потоков проникания. Особенностью головки является компактная конструкция, позволяющая, например, образовать двухдорожечные блоки, располагая головки одну над другой.

В бытовых магнитофонах такими комбинированными головками можно создавать искусственное эхо путем подмешивания повторений основного сигнала. Воспроизводящих частей у головки в этом случае может быть несколько.

На рис. 27, *г* показан вариант конструкции головок с электрической компенсацией способом двух обмоток. Одна обмотка основная, другая — компенсационная. В этой головке обмотка воспроизводящей части помещена не в диагонали магнитного моста, а разделена на две включенные встречно полуобмотки, расположенные на С-образных полусердечниках. Поскольку магнитные потоки проникания из записывающей части в обоих полуобмотках имеют общее направление, то в полной обмотке воспроизведения э. д. с. от проникания не возникает. В режиме последующего воспроизведения (без записи) лучше использовать только одну основную полуобмотку, ближайшую к рабочему зазору. Хотя устройство этой головки сложнее предыдущих, однако ее воспроизводящая часть помехоустойчива не только к прониканию из записывающей части, но также и к влиянию внешних магнитных полей. Благодаря симметрично расположенным и противофазно включенным полуобмоткам э. д. с. «наводки» будут взаимно компенсироваться.

Рассмотренные головки могут быть выполнены малогабаритными и легкими.

В табл. 6 приведены некоторые данные комбинированной головки, конструкция которой соответствует рис. 27, *б*. Относительный уровень проникания в диапазоне 400—5000 Гц находится в пределах —35÷—55 дБ. Он измерялся при скорости ленты 38,1 см/с в сквозном канале как отношение напряжения проникания в воспроизводящей обмотке при токе в записывающей обмотке, обеспечивающем уровень записи равным 256 нВб/м, к полезному напряжению воспроизводящей обмотки при воспроизведении записи измерительной ленты ЛИР1-38У.

Ферритовые головки

В бытовых видеомагнитофонах и магнитофонах в последнее время широко используются головки, выполненные из так называемых высокоплотных ферритов, отличающихся высокой стойкостью к абразивному разрушению и необходимыми магнитными свойствами в широком частотном диапазоне. Хотя высокоплотные ферриты появились недавно, однако успешное их применение изменяет прежнее представление о феррите, как о непригодном материале для массового изготовления высокоэффективных головок.

Для магнитной записи с высокой плотностью минимальная длина волны записи составляет 2—3 мкм, поэтому ширина рабочего зазора головок соответственно должна быть еще меньше. Получение столь узких зазоров связано с увеличенным ответвлением магнитного потока в самом зазоре и тем самым с уменьшением коэффициента шунтирования. Принятый способ устранения этого недостатка основан на «эффекте уменьшения глубины рабочего зазора».

За счет уменьшения глубины удается повысить эффективность головок, однако из-за абразивного действия ленты при малой глубине рабочих зазоров головок, выполненных из традиционных магнитных сплавов, они начинают быстро изнашиваться. Эта проблема пока еще не решена из-за отсутствия материалов, отвечающих всем

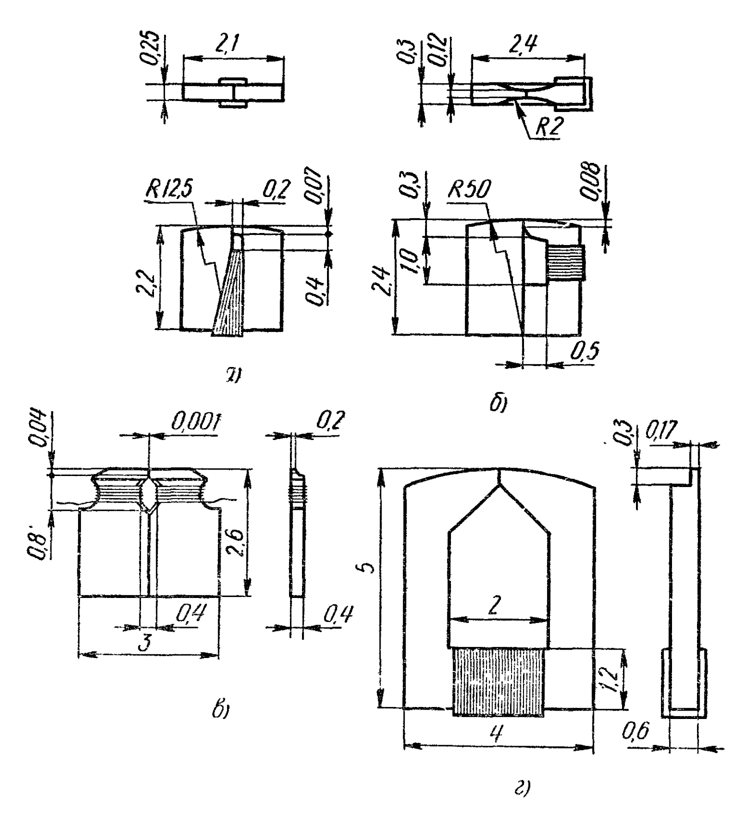


Рис. 29. Конфигурация и размеры сердечников ферритовых головок для бытовых видеомагнитофонов.

требованиям специфических условий работы головок, однако появление новых марок ферритов в этом смысле существенно улучшает положение.

Головки для бытовых видеомагнитофонов. Применение в головках для видеозаписи монокристаллических (МКФ) и горячепрессованных ферритов (ГПФ) дало возможность отказаться от защиты феррита металлическими полюсными наконечниками и делать магнитопровод полностью из феррита.

Для высококачественных головок предпочтительным следует считать МКФ. К преимуществу этого материала относятся: высокая

устойчивость к истиранию благодаря высокой плотности; отсутствие границ зерен, позволяющее создавать точные размеры рабочего зазора порядка одного микрометра; анизотропность магнитных и механических свойств, позволяющая выбирать в сердечнике оптимальное кристаллографическое направление.

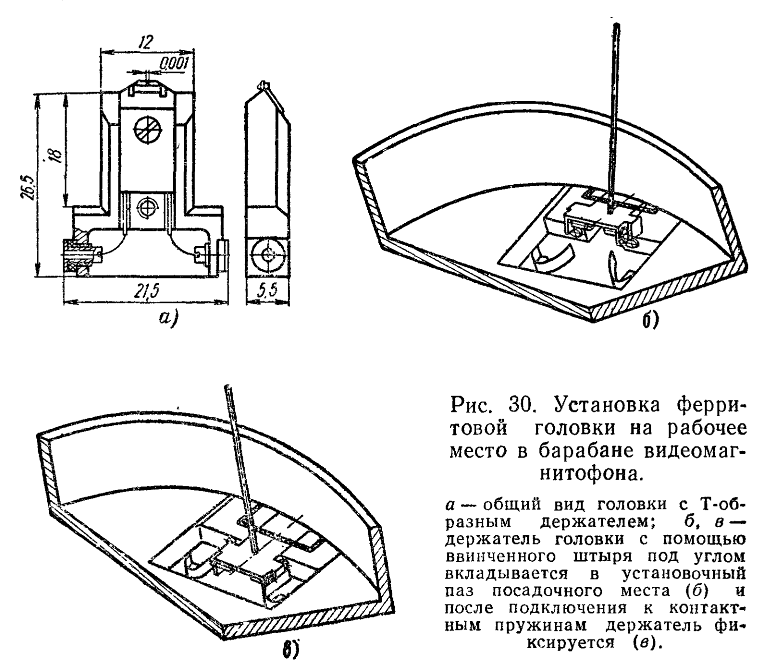


Рис. 30. Установка ферритовой головки на рабочее место в барабане видеомагнитофона.

а — общий вид головки с Т-образным держателем; *б*, *в* — держатель головки с помощью ввинченного штыря под углом вкладывается в установочный паз посадочного места (*б*) и после подключения к контактным пружинам держатель фиксируется (*в*).

На рис. 29 изображено несколько распространенных конструкций ферритовых головок, а на рис. 30 изображен общий вид типовой ферритовой головки с Т-образным держателем и показан способ ее установки в рабочее положение на вращающемся диске в одной из моделей бытового видеомагнитофона. На рис. 31, *б*, *в* показаны графики зависимостей основных рабочих параметров двух головок с одинаковыми рабочими зазорами и полным сопротивлением от их конструктивных параметров (скорость лента-головка 11 м/с). Одна головка монолитная из МКФ, другая — с составным сердечником (феррит-сендаст), так называемым комбинированным (см. рис. 18).

Как видно из графиков, составная головка имеет преимущества только по отношению сигнал/шум (рис. 31). У ферритовых головок (в отличие от составных) расширяются конструктивные возможности повышения эффективности (коэффициента *A*) головок для видеозаписи. Как известно, эта эффективность связана с магнитными свойствами материала, размерами магнитопровода, его конфигурацией и выражается:

$$A = \frac{R_{\text{р.з}}}{R_{\text{р.з}} + R_{\text{с}} + R_{\text{р.з}} R_{\text{с}}/R_{\text{р}}},$$

где $R_{р.з}$, $R_с$, $R_р$ — магнитные сопротивления рабочего зазора, сердечника и пути потока рассеяния соответственно.

Эффективность может быть повышена путем применения материала с более высокой магнитной проницаемостью в рабочем диапазоне частот, конструктивными мерами, например, показанными на рис. 29, 32, 33 (в том числе такими, как уменьшение окна для обмотки, увеличение сечения сердечника и, наконец, уже упомянутым

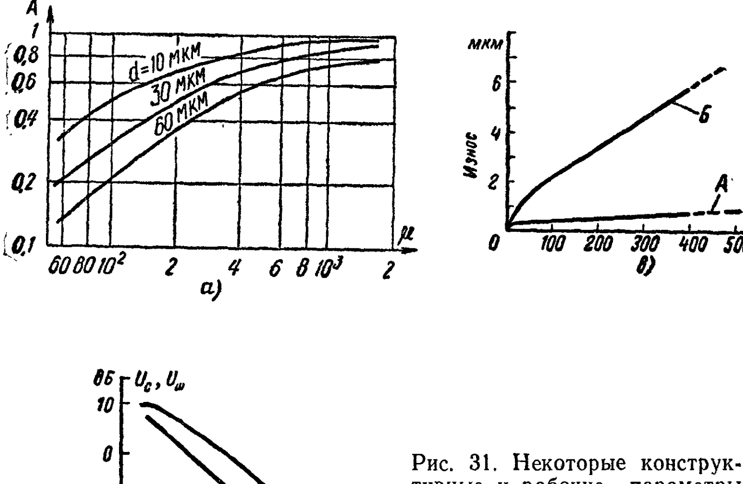


Рис. 31. Некоторые конструктивные и рабочие параметры головок с ферритовыми (*А*) и комбинированными (*Б*) сердечниками.

а — коэффициент шунтирования головки в зависимости от магнитной проницаемости материала сердечника (*А*); *б* — напряжение рабочего сигнала $U_с$ и напряжение шумов $U_ш$ в зависимости от частоты (сигнал записан этой же головкой при оптимальном рабочем токе); *в* — износ головок в зависимости от продолжительности работы.

сокращением глубины рабочего зазора). Последний способ целесообразен в основном для МКФ и не желателен для ГПФ как менее износостойкого.

На графиках рис. 31, *а* показана зависимость коэффициента *А* от магнитной проницаемости материала и глубины рабочего зазора для головки с наиболее простым устройством сердечника, изображенной на рис. 29, *г*

Что касается выбора ширины рабочего зазора, определяющей максимальную величину отдачи в заданном диапазоне частот, то она

Таблица 7

Материал рабочего зазора	№ эксперимента	Геометрическая ширина, мкм	$\Delta_э$, мкм
Стекло	1	0,9	1,1
Стекло	2	0,75	1,2
Стекло	3	1,0	1,35
Хром	1	0,7	0,7

выбирается исходя из минимальных щелевых искажений (см. рис. 3, *а*) и ее эффективная величина, как и у головок с пакетным сердечником, не совпадает с геометрической. Причины, вызывающие это несовпадение, различные: ухудшение магнитных свойств поверхностного слоя материала, скругление ребер полюсов рабочего зазора в результате механической обработки, поверхностное проникание стекла в поры ГПФ при формировании рабочего зазора и последующее образование в этой зоне раствора из феррита и стекла. В табл. 7 приведены данные влияния технологии изготовления головок из ГПФ на параметры рабочего зазора. Как видно из таблицы, отличие между геометрической и эффективной шириной может доходить до 60%.

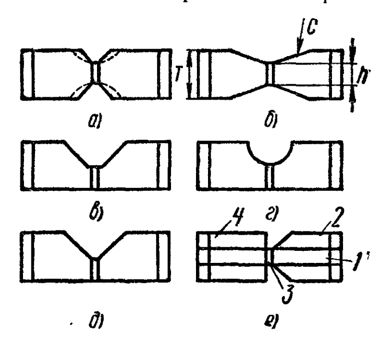


Рис. 32. Конфигурации рабочей поверхности головок.

На рис. 32 и 33 изображено еще несколько конструктивных вариантов выполнения сердечника и его основных элементов, позволяющие увеличивать эффективность и износостойкость ферритовых головок. Некоторые из этих вариантов могут быть применены и для металлических головок видеозаписи. На рис. 32, *а—е* показаны возможные формы рабочей поверхности головок, позволяющие при заданной длине рабочего зазора уменьшать магнитное сопротивление магнитопровода путем увеличения его сечения. При заполнении вырезов *С* в зоне рабочего зазора износостойким материалом, например стеклом, срок службы головки увеличивается в несколько раз (в зависимости от износостойкости стекла). Показанными вырезами и срезами можно получать также и другие полезные эффекты, такие, как ослабление и усиление видеосигналов соответствующих длин волн. Например, можно подавить несущую в спектре ЧМ сигнала.

На рис. 32, *е* показана рабочая поверхность составного магнитопровода; основная его часть *1*, выполняемая из МКФ, состоит из двух полусердечников с рабочим зазором *3*, боковая часть, выполняемая из ГПФ — из накладок *2* и *4*. Боковые накладки в этом случае дают эффект, аналогичный другим конструкциям на этом ри-

сунке, а используемый в боковых накладках более высокопроницаемый и менее повреждаемый материал шунтирует трещины и сколы в МКФ основной части, возникающие при механической обработке. Без подобного шунтирования эти повреждения служат источниками помех, поскольку являются немагнитными зазорами и действуют как ложные рабочие зазоры.



Рис. 33. Конфигурации сердечников головок.

На рис. 33, *а*, *б* показаны еще две конструкции головок с увеличенным сечением сердечника со стороны дополнительного зазора. Их особенностью является максимально приближенное расположение обмоток к рабочему зазору. В этом случае основная часть магнитного потока замыкается в непосредственной близости к рабочему зазору, вследствие чего снижаются потери в сердечнике головки (особенно в металлическом сердечнике) и повышается эффективность головки на частотах выше 5 мГц.

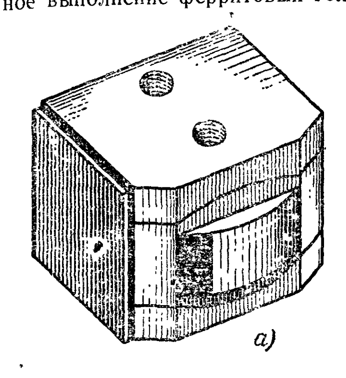
На рис. 33, *в* изображена головка для контактной записи на дисковый носитель. Сердечник — комбинированный, основная часть *1*, *2* с обмоткой *3* выполняется из обычного пористого феррита, выбираемого в основном по магнитным свойствам, необходимых для магнитной цепи; полюсные наконечники *4* имеют плоскую рабочую поверхность и выполняются из специального феррита, имеющего высокую плотность и износостойкость (например, МКФ). Такая комбинация

Таблица 8

Назначение	Запись		Воспроизведение	
	моно	стерео	моно	стерео
Индуктивность (1 кГц, 80 мВ), мГн	7	7	40	75
Добротность (1 кГц, 80 мВ)	150	5	15	5
Сопротивление, Ом	15	7	9	70
Ширина рабочего зазора, мкм	6—7	6—7	3—4	3—4
Переходное затухание, дБ .	—	45	—	45

позволяет реализовать высокие свойства каждого используемого материала, увеличить эффективность головки в целом и сократить расходы на изготовление.

Головки для магнитофонов. Внешний вид и общее конструктивное выполнение ферритовых головок для магнитофонов подобны их аналогам с пакетным сердечником; отличие лишь в устройстве и изготовлении монолитных ферритовых сердечников и рабочего зазора. На рис. 34 дан общий вид и установочные размеры ферритовых головок для студийных магнитофонов, а в табл. 8 приведены некоторые основные параметры таких головок. Основное достоинство головок — большой срок службы, и это является важным экономическим фактором, поскольку повышается надежность, исключается необходимость частой замены изношенных головок и соответствующей их подстройки. В отличие от головок для видеозаписи головки для звукозаписи, выполненные из МКФ и ГПФ, по всем рабочим параметрам записи и воспроизведения не уступают их метал-



б)

Рис. 34. Ферритовые головки для студийных магнитофонов.

а — общий вид головки; *б* — установочные размеры головок: для монофонии (слева) и стереофонии (справа).

лическим аналогам. Что касается потерь в сердечнике, обусловленных вихревыми токами, то они, безусловно, меньше. Хотя значение магнитной проницаемости у современных высокоплотных ферритов значительно ниже, чем у магнитных сплавов, однако благодаря высокой износостойкости феррита представляется возможность получить требуемую эффективность головок, сокращая глубину рабочего зазора до 20—30 мкм.

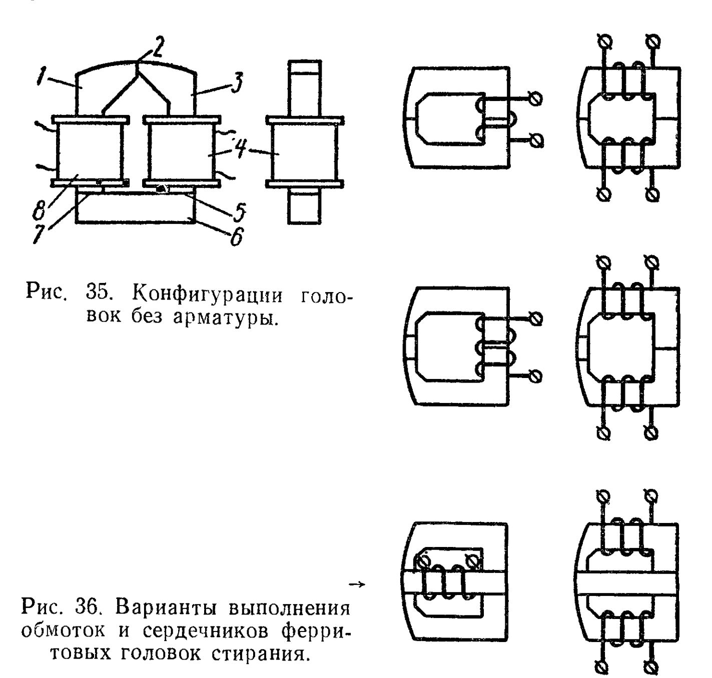


Рис. 35. Конфигурации головок без арматуры.

Рис. 36. Варианты выполнения обмоток и сердечников ферритовых головок стирания.

Применение в головках ферритов и стекла для получения монолитных сердечников связано не только с новой технологией изготовления, но и с конструктивными изменениями сердечника.

На рис. 35 изображен общий вид сердечника распространенной монофонической головки, показанной на рис. 34. Сердечник имеет не две как обычно, а три части. Две части сердечника *1*, *3* позволяют без осложнения в зоне стыка получить рабочий зазор *2* правильной формы и осуществить простую установку катушек с обмотками *4*, *8*. Сердечник *6* является ярмом, замыкающим магнитную цепь частей сердечников *1*, *3* и образующим в этой зоне два дополнительных зазора *5*, *7*. Благодаря простой форме соприкасающихся поверхностей и их соответствующей обработке магнитное сопротивление таких двух зазоров будет всегда меньше, чем одного клинообразного в обычных головках из двух полусердечников.

Ферритовые головки стирания. Как уже отмечалось, применение феррита в головках при высокочастотном стирании позволяет сократить расход энергии по сравнению с головками, имеющими ме-

таллический сердечник. Известно несколько конструкций магнитопровода ферритовых головок стирания с одним и двумя рабочими зазорами. Устройство их схематически изображено на рис. 36. Там же показаны и варианты выполнения обмоток.

Две конструкции малогабаритных ферритовых головок стирания представлены на рис. 37. Головка, показанная на рис. 37, *а*, имеет металлический экран, который необходим при тесной (ком-

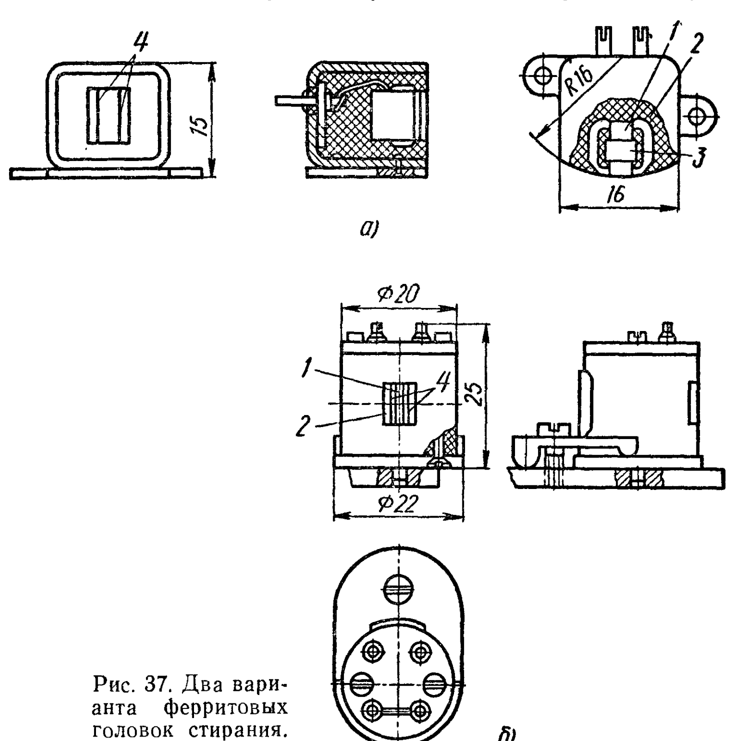


Рис. 37. Два варианта ферритовых головок стирания.

пактной) конструкции аппарата. Сердечник в обоих головках одинаков и собирается из одного центрального стержня *1* и двух боковых частей *2*. Обмотка *3* выполняется на центральном стержне. Сборка головки осуществляется в приспособлении, в котором вся арматура закрепляется заливочным компаундом. В головке, показанной на рис. 37, *б*, сердечник предварительно склеивается и затем со всеми соединительными и крепежными элементами закрепляется эпоксидным компаундом в пластмассовом корпусе.

Обе головки могут быть выполнены как для однодорожечной, так и для двухдорожечной записи. Достоинством приведенных головок стирания с двумя зазорами по сравнению с головками, имеющими один рабочий зазор, является лучшее стирание и более слабое поле помехи, излучаемое головкой. Это происходит потому, что при общей обмотке на центральном стержне потоки в рабочих за-

зорах имеют противоположное направление и вычитаются во внешнем пространстве. Прокладки *4* в рабочих зазорах обоих головок слюдяные, толщиной 50—100 мкм.

При изготовлении ферритовых головок следует учитывать, что наличие металлических деталей в арматуре увеличивает потери в головке и снижает ее экономичность. Так, например, применение металлической рамки для крепления сердечников в экране уменьшает экономичность головки на 10—20%. Для головок, изображенных на рис. 37, потери на частоте 60—80 кГц могут измениться почти в 4 раза при применении в рабочих зазорах металлических прокладок вместо слюдяных. При этом преимущества феррита практически утрачиваются.

Интегральные головки

В последнее время все большую известность приобретают головки и блоки головок, изготовляемые новейшими технологическими методами без механической обработки. К таким головкам относятся так называемые интегральные головки, выполняемые напылением, катодным распылением, электроосаждением, фототравлением и другими аналогичными методами технологии интегральных схем. Интегральные головки называют иногда пленочными, исходя из того что процесс их изготовления сводится к созданию пленок с заданной конфигурацией и необходимыми свойствами.

К достоинствам новой технологии изготовления головок относятся: совмещение процессов изготовления необходимых материалов для головки и самой головки; образование сердечника без повреждений магнитных, электрических или механических свойств материала, неизбежных при обычной технологии; возможность получения магнитной анизотропии в направлении рабочего потока.

Методы новой технологии в отличие от механической обработки не только не связаны с необходимостью использования громоздкого парка дорогостоящих прецизионных станков, специальных обеспыленных помещений и высококвалифицированного рабочего труда, но еще позволяют и улучшать параметры головок.

Пока можно наметить три перспективных направления для новой технологии изготовления. Первое — направление частичного ее использования, например, для создания только главных элементов сердечника: точного рабочего зазора и заданной формы рабочей поверхности.

Второе направление — полное изготовление сердечника как для отдельной головки с обмоткой, так и для многодорожечного блока головок.

Третье направление — изготовление головки или блока головок совместно с электрической схемой подключения, например головка стирания и в ее корпусе генератор тока стирания.

Для иллюстрации на рис. 38 показано устройство головки, предусматривающей частичное использование новой технологии. Головка предназначена для бесконтактной записи. Особенностью головки является устройство рабочего зазора, выполненного электроосаждением пленок магнитомягких материалов по бокам немагнитной пленки. В таких головках эффективная ширина рабочего зазора уже не зависит от свойств материала сердечника и возможного закругления ребер полюсов рабочего зазора, поскольку действующими полюсами является не обработанный материал сердечника, а слои маг-

нитомягкого покрытия, так называемой комбинированной прокладки, зажатой между полусердечниками.

Конструктивно записывающие и воспроизводящие головки отличаются только толщиной магнитных и немагнитных слоев комбинированных прокладок и данными обмоток. Корпус головки *1* имеет цилиндрическую форму, выполнен из магнитного материала для экранирования от внешних помех. Внутри корпуса помещаются фер-

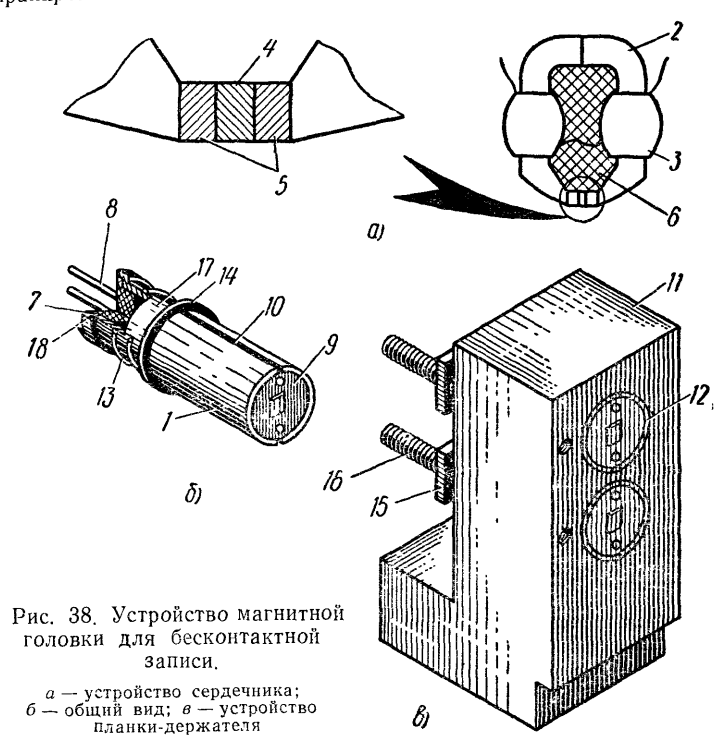


Рис. 38. Устройство магнитной головки для бесконтактной записи.

а — устройство сердечника; *б* — общий вид; *в* — устройство планки-держателя

ритовые полусердечники *2* с обмотками *3*, между торцами полусердечников со стороны рабочей поверхности помещается прокладка *4* из меди с магнитомягкими покрытиями FeNi *5* на ее боках. Арматура и детали сердечника внутри закрепляются с помощью эпоксидного компаунда *6*. С тыльной стороны корпуса расположен плинт *7* с контактными выводами *8* для подключения головки ко внешней схеме. Рабочая поверхность полюсов головки плоская. С помощью латунной планки *9* в процессе изготовления головки обеспечивается необходимое положение рабочего зазора относительно базовых пазов *10*. Эти пазы при многодорожечной записи служат направляющими при установке головок в гнездах *12* стойки-держателя *11*, позволяющей перемещать каждую головку относительно носителя записи, например, барабана в радиальном направлении для получения воздушного зазора С помощью спиральной пружи-

Таблица 9

Параметры		Запись	Воспроизведение
Габариты головки, мм	Длина Диаметр	22 8,5	22 8,5
Ширина зазора, мкм	рабочего дополнительного	100 100	50 —
Длина рабочего зазора, мм		3	3
Обмотка	Число витков	2×100	2×300
	Индуктивность, мГн	1,2	16
	Сопротивление, Ом	7	55
Рабочий ток [1], мА		60	—
Отдача [2], мВ		—	0,25
Частотные потери в сердечнике на $f=$ $=80$ кГц, дБ		—	2,5

[1] По данным испытаний макетов головок.

[2] Соответствует действующему значению остаточного магнитного потока 256 нВб/м при контактном воспроизведении измерительной ленты ЛИР1-38У.

ны *13* и шайбы *14*, расположенных в проточке *17*, головка выточкой *18* прижимается к ограничительной планке *15* и вращением регулировочного винта *16* подводится к рабочей поверхности магнитного барабана и фиксируется на строго заданном расстоянии, определяемом толщиной калибровочной пластины. Таким образом, в аппарате может быть достигнута правильная установка всех головок в поперечном и тангенциальном направлениях относительно рабочей поверхности.

Некоторые конструктивные и рабочие параметры рассматриваемых головок, применяемых в аппарате искусственной реверберации, приведены в табл. 9.

Новая технология позволяет реализовать также и другие конструктивные особенности в головках. Так, например, представляется возможность создать головки с изменяющейся шириной рабочего зазора. С этой целью необходимо упомянутую комбинированную

прокладку выполнять таким образом, чтобы магнитные слои покрытия имели большее значение магнитной проницаемости и меньшую индукцию насыщения (примерно в 5 раз), чем у материала основной части сердечника. Тогда в процессе записи магнитные слои будут насыщаться, а эффективная ширина рабочего зазора увеличиваться и становиться равной полной ширине всей комбинированной прокладки. В процессе воспроизведения эффективная ширина рабочего зазора будет соответствовать ширине немагнитного слоя, поскольку в этом случае решающее значение имеет только магнитная проницаемость.

Исследования показали, что если значение магнитной проницаемости магнитных слоев выбирать больше, чем у основного сердечника при тех же значениях индукции насыщения, то магнитные слои комбинированной прокладки в процессе записи в некоторой мере будут способствовать локализации поля около рабочего зазора подобно головкам с заостренными полюсами рабочего зазора, создающим высокую концентрацию поля записи.

Известны успешные опыты промышленного производства головок с использованием второго направления новой технологии. Изготовлены миниатюрные универсальные головки записи и воспроизведения полностью способами последовательного осаждения магнитных, изоляционных и электропроводных пленок. Магнитным материалом сердечника служит сплав FeNiCr с магнитной проницаемостью $\geqslant$5000. Обмотка выполняется как обычным способом, так и новым подобно сердечнику. В последнем случае обмотка выполняется в виде плоской спирали. Эти способы позволяют получать размер головки на порядок меньше, чем в настоящее время их удается изготовить из феррита.

Решение проблемы миниатюризации головок позволяет решить ряд и других проблем. Уменьшение размера головки резко уменьшает их чувствительность к внешним магнитным помехам и упрощает компоновку многодорожечных блоков головок.

Ко второму направлению новой технологии в будущем, очевидно, будет относиться и производство головок для видеозаписи. Обычная технология изготовления металлических и ферритовых головок для видеозаписи основана на механических процессах вырубания или вырезания пластин сердечника с последующим скреплением в сердечник, шлифовкой и точной доводкой размеров. Подобные операции связаны не только с большой трудоемкостью и соответствующими затратами, но и с разрушением в большей или меньшей мере поверхностного слоя сердечников и тем самым ухудшением его магнитных свойств. Так, значение магнитной проницаемости металлических сердечников падает в несколько раз. В результате ухудшаются рабочие параметры головки, поскольку в этом слое благодаря влиянию поверхностного эффекта сосредоточена основная часть магнитного потока. Этот недостаток головок может быть устранен использованием новой технологии, например осаждением пленок такого же состава, как и в обычных головках для видеозаписи.

На рис. 39 изображен общий вид двух конструктивных вариантов новых интегральных головок. Первая головка («вертикальная», рис. 39, *а*) имеет магнитную цепь, образованную трехслойной пластиной, перпендикулярной к носителю записи. Рабочий зазор головки формируется немагнитным электропроводным слоем, расположенным между магнитными слоями.

Во второй головке («горизонтальной», рис. 39, *б*) слоистая пластина параллельна плоскости носителя, а ее слой, соприкасающийся с носителем, имеет разрез, образующий рабочий зазор.

Роль обмотки в обеих головках выполняет немагнитная пленка с большой электропроводностью.

Особенностью этих головок является возможность в процессе изготовления получения анизотропии магнитного материала в заданном направлении. Так, если направление оси легкого намагничивания материала тонких пленок будет совпадать с длиной рабочего зазора, то намагничивание внешним полем будет происходить в направлении трудного намагничивания. Как известно, в этом случае в материале практически исключаются частотные потери и остаточная намагниченность.

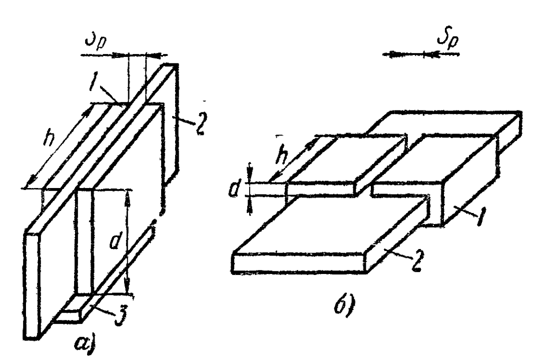


Рис. 39. Устройство интегральных головок записи. Параметры рабочего зазора: $S_р$ — ширина; d — глубина; h — длина.

а — «вертикальная»; *б* — «горизонтальная»; *1*, *3* — магнитная пленка; *2* — электропроводная пленка.

Сравнительные испытания макетов интегральной головки («вертикальной») и одновитковой ферритовой головки в равных условиях (скорость записи 40 м/с и неконтакт с носителем около 0,4 мкм) показали преимущество интегральной головки по разрешающей способности.

Эффективность таких головок для записи информации с высокой плотностью может достигаться благодаря относительно простой технологии получения сколь угодно узких рабочих зазоров и анизотропии магнитных свойств магнитной цепи в заданном направлении.

Глава третья

КОНСТРУКЦИИ БЛОКОВ ГОЛОВОК

Многодорожечные блоки головок

Фиксация на ленте нескольких взаимосвязанных во времени потоков информации наиболее эффективно может производиться способом многодорожечной записи. Процесс такой записи выполняется

с помощью соответствующего количества обычных (однодорожечных) головок, размещенных в общем корпусе. Устройство, содержащее определенное количество головок для одновременной записи, воспроизведения или стирания на нескольких дорожках, называется многодорожечным блоком головок.

На рис. 40 показаны два типичных конструктивных варианта многодорожечных блоков головок. Корпус блока головок, показанного на рис. 40, *а*, состоит из двух полублоков *1* и *2*, соединенных

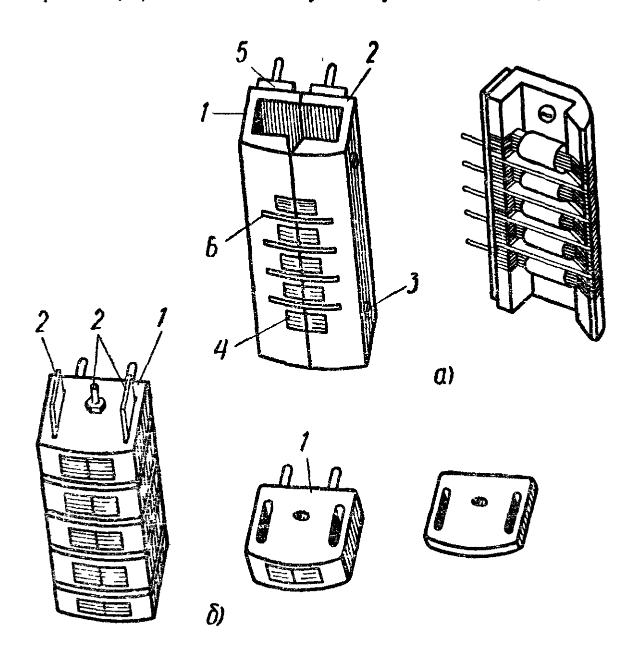


Рис. 40. Конструкции многодорожечных блоков магнитных головок.

между собой стяжными винтами *3*. Каждый полублок имеет пазы для установки полусердечников *4* с обмотками. Выводы обмоток припаиваются к контактам плинта *5*. Расположение обмоток может быть симметричное и асимметричное. Для увеличения переходного затухания между головками устанавливаются магнитные экраны *6*.

В процессе изготовления торцы полусердечников и поверхности полублоков совместно обрабатываются до получения плоскостности, с тем чтобы после сборки полублоков рабочие зазоры всех головок были расположены на одной прямой.

На рис. 40, *б* показан многодорожечный блок, представляющий собой набор головок *1*, соединенных с помощью направляющих стоек *2* или направляющих обойм. Окончательно головки скрепляются между собой заливочным компаундом. Достоинство этой конструкции состоит в возможности в широких пределах набирать нужное количество головок. Оба конструктивных варианта отвечают основ-

ному требованию многодорожечной записи — расположению всех рабочих зазоров на одной прямой.

Для увеличения поперечной плотности записи необходимо сокращать расстояние между сердечниками головок, однако это сближение ограничивается размерами обмоток и ухудшением переходного затухания, которое можно несколько увеличить, если применить несимметричные сердечники. На рис. 41 схематически изображено

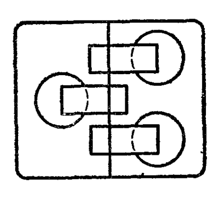
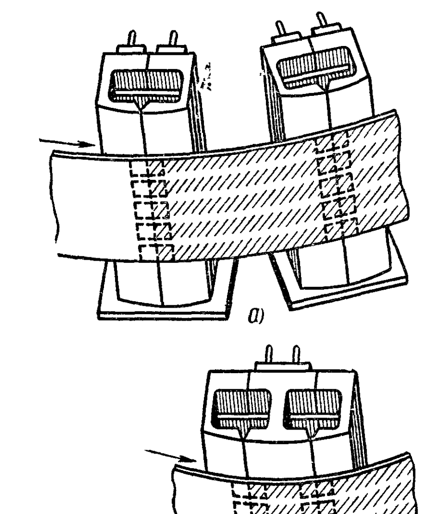


Рис. 41. Трехдорожечный блок головок с несимметричным расположением сердечников и обмоток.



б)

Рис. 42. Раздельные (*а*) и комбинированный (*б*) блоки записывающих и воспроизводящих головок.

устройство трехдорожечного блока головок с несимметричными обмотками и сердечниками. Обмотки находятся на полусердечниках большего размера. Сокращение расстояния между сердечниками без ухудшения переходного затухания достигается смещением их середины относительно линии разъема полублоков.

При записи и воспроизведении раздельными блоками (рис. 42, *а*) необходимо рабочие зазоры этих блоков устанавливать строго параллельно друг другу. Однако такая регулировка недостаточна, когда предъявляется требование обмена записями, произведенными на разных аппаратах, поскольку в этом случае необходима перпендикулярность рабочих зазоров всех блоков к направлению движения магнитной ленты. Подобная регулировка выполняется двумя способами: оптическим (с помощью микроскопа) или электрическим (с помощью измерительной ленты с записью сигнала высокой частоты). Благодаря своей простоте второй электрический способ нашел большее распространение. Регулировка положения рабочего за-

зора несколько упрощается применением блока комбинированных головок (рис. 42, *б*). Такой блок дает возможность осуществлять одновременно запись и воспроизведение.

Корпус блока состоит из трех частей. Общая средняя часть и две боковые соединены между собой винтами или заливочным компаундом. Каждая часть корпуса имеет пазы для установки полусердечников. В средней части с одной стороны размещаются полусердечники и обмотки головок записи, с другой — полусердечники и обмотки головок воспроизведения.

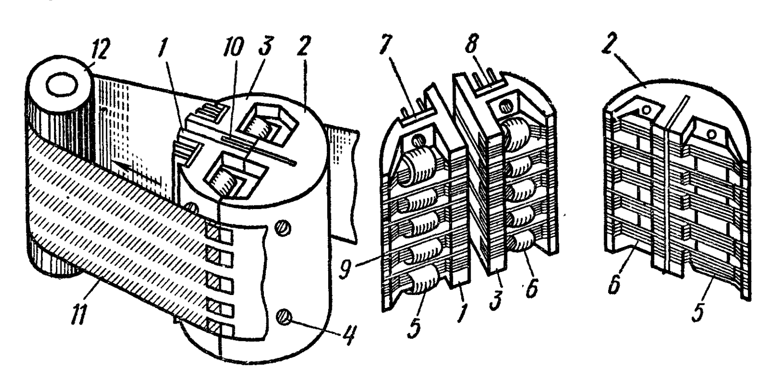


Рис. 43. Устройство многодорожечного блока комбинированных головок.

В процессе изготовления поверхности соприкасающихся частей корпуса обрабатываются до получения настолько точной плоскостности, что после сборки блока рабочие зазоры всех головок записи и рабочие зазоры всех головок воспроизведения параллельны. Установка наклона рабочих зазоров поэтому сводится только к регулировке по измерительной ленте положения головок воспроизведения.

Переходное затухание между головками записи и воспроизведения можно увеличить, расположив между ними магнитный экран.

На рис. 43 показан другой блок комбинированных головок, в основу конструкции которого автором положен новый способ размещения головок в корпусе. Корпус блока (на рисунке изображен справа) имеет форму цилиндра, разрезанного до сборки по диаметру; один из полублоков дополнительно разрезан еще и по радиусу.

Корпус блока состоит, таким образом, из трех частей *1*, *2* и *3*, соединенных между собой стяжными винтами *4*. Полублок *2* имеет сквозные пазы для установки полусердечников головок записи *5* и головок воспроизведения *6*.

В пазах двух малых частей корпуса *1* и *3* расположены полусердечники с обмотками, которые симметричны по отношению к полусердечникам полублока *2*. Выводы обмоток припаивают к плинтам *7* и *8*. Для увеличения переходного затухания между соседними головками установлены магнитные экраны *9*, а между головками записи и воспроизведения — экран *10*. Разделение корпуса блока на три части позволяет устанавливать различные по толщине про-

кладки в рабочих и дополнительных зазорах головок записи и воспроизведения.

Благодаря точной обработке частей корпуса со стороны пазов, в которых находятся полусердечники, после сборки блока рабочие зазоры всех головок записи и соответствующих им головок воспроизведения оказываются расположенными в одной плоскости диаметрально противоположно и строго параллельно друг другу.

Магнитная лента *11* огибает блок, проходя через обводной ролик *12*.

Достоинством блока является возможность сравнительно несложными технологическими приемами выполнить три основных требования к рабочим зазорам головок, входящих в блок: линейность, параллельность и отсутствие сдвига в продольном и поперечном направлениях. Цилиндрическая форма корпуса позволяет упростить обработку рабочих поверхностей головок, выполняя ее на обычных круглошлифовальных станках, а не вручную или на специальных сложных станках. Блок имеет и весьма существенное эксплуатационное преимущество; он позволяет устанавливать рабочие зазоры перпендикулярно к направлению движения магнитной ленты быстро, с большой точностью и без применения измерительной ленты. Установка блока выполняется непосредственно в процессе записи и воспроизведения сигналов достаточно высокой частоты, путем нахождения такого угла наклона блока в целом, при котором э. д. с. его головок воспроизведения максимальна.

Значение угловой ошибки может быть сделано исключительно малым, если установку производить по двум крайним дорожкам записи, соединив обмотки верхних и нижних головок так, чтобы записи на этих дорожках были синфазны, а их воспроизведение противофазно. Установка производится при этом по минимуму суммарной э. д. с. воспроизведения.

Рассмотренная конструкция блока головок может применяться при различном количестве дорожек записи и при различной ширине магнитной ленты.

Стереофонические блоки головок

Появление стереофонического радиовещания повлекло за собой развитие двухканальной стереофонической магнитной звукозаписи. Наибольшее распространение получили двух- и четырехдорожечные фонограммы на ленте шириной 6,25 мм. Первые используются в профессиональных магнитофонах, вторые — в магнитофонах широкого применения. При четырехдорожечной фонограмме записываются по две дорожки в каждом направлении движения ленты. Принятое направление, размеры и расположение дорожек при стереофонической записи должны соответствовать ГОСТ 12107-74 и ГОСТ 12392-71.

Каждый стереофонический блок головок состоит из двух головок (записывающей, воспроизводящей или универсальной). Передача стереоинформации требует снижения до минимума временного сдвига между записями на одной и на второй дорожках. Это возможно в том случае, если рабочие зазоры головок блока расположены в одной плоскости.

На рис. 44 показана конструкция блока головок, применяемого в отечественном профессиональном стереомагнитофоне.

Цилиндрический корпус блока состоит из двух половин *1* и *2*, соединенных между собой винтами *3*. Каждая половина имеет пазы

для полусердечников *4* с обмотками. Выводы обмоток пропускаются через отверстия в корпусе и припаиваются к контактам плинта *5*. Обмотки расположены симметрично. На этом же рисунке изображен поперечный разрез блока в плоскости зазоров. Особенностью конструкции является изгиб полусердечников со стороны дополнительного зазора, чем и ослабляется в основном влияние одной головки на другую. Изгиб выполняется в приспособлении до термообработки пластин.

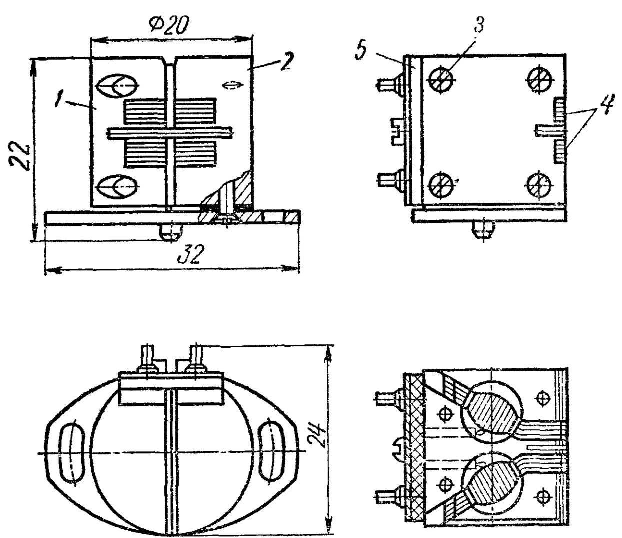


Рис. 44. Двухдорожечный стереофонический блок головок.

Недостатком этих блоков является невозможность использования их для двухдорожечной монофонической записи, т. е. для одновременной записи двух различных звуковых сигналов, так как переходное затухание между головками мало́.

Унифицированный блок головок для монофонической и стереофонической записи

Двухдорожечный блок головок (рис. 45, *а*) отличается от предыдущих блоков меньшими размерами. Этот блок допускает использование его как для стереофонической, так и для монофонической двухдорожечной записи и воспроизведения. Благодаря закругленной форме пластин сердечника волнистость частотной характеристики воспроизведения в области больших длин волн записи меньше, чем у блока, описанного в предыдущем параграфе.

Полусердечники блока собраны из пластин, изображенных на рис. 9, *д*, и наклонены друг к другу под углом 30°. Прокладки в зазорах слюдяные. Между сердечниками головок помещается двухслойный магнитный экран, поскольку одного наклонного расположе-

ния сердечников недостаточно для достижения переходного затухания более 50 дБ, требуемого для монофонической записи по двум дорожкам. Магнитное экранирование блока упрощается благодаря миниатюрности сердечников. При использовании блока в одномоторном магнитофоне для экранирования блока достаточно однослойного пермаллоевого экрана.

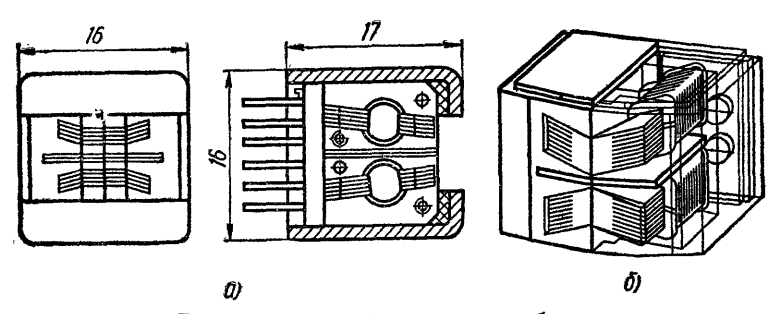


Рис. 45. Два варианта унифицированного блока головок.

а — наклонные сердечники; *б* — V-образные сердечники.

Примерно тот же эффект по переходному затуханию может быть получен и в блоке с V-образным расположением сердечников, как это изображено на рис. 45, *б*.

Миниатюрные блоки головок

На рис. 46 показано устройство миниатюрного стереофонического блока головок. Размеры и форма пластин сердечников головок показаны на рис. 9, *л*. Сердечники *5* установлены параллельно в пазах полублоков *1* и *2*. Между ними расположен магнитный экран *3*. Помимо основного назначения экран обеспечивает правильное взаимное положение полублоков при сборке, которая осуществляется с помощью винтов *6*. Выводы обмоток распаиваются на проволочные контакты в изоляционных втулках *4*.

Переходное затухание между головками хотя и не превышает 46 дБ в диапазоне частот 200—16 000 Гц, однако в ряде случаев

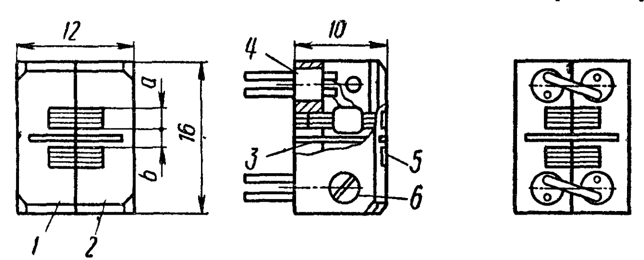


Рис. 46. Миниатюрный стереофонический блок головок. Для записи: a=2,4 мм, b=1,4 мм; для воспроизведения: a=2,2 мм, b=1,6 мм.

этого достаточно, чтобы применять блоки и для монофонической двухдорожечной записи.

Недостатком конструкции является увеличенная волнистость частотной характеристики воспроизведения.

На рис. 47 приведено устройство двухдорожечного блока головок стирания. Блок состоит из двух головок с ферритовыми сердечниками, причем каждая головка имеет один центральный стержень *1* и два боковых *2*. Обмотка *3* выполняется на центральном стержне. Сборка каждой головки производится в специальном приспособлении. Предварительно устанавливаются слюдяные прокладки в рабочих зазорах, затем головки и помещенный между ними трехслойный экран *4* (пермаллой — бронза — пермаллой) месте с пластмассовой планкой *5* и выводами закрепляются в специальной форме заливочным компаундом *6*, после чего монолитный блок помещается в пермаллоевый экран (на рисунке не показано). Ферритовые сердечники блока показаны на рис. 9, *н*.

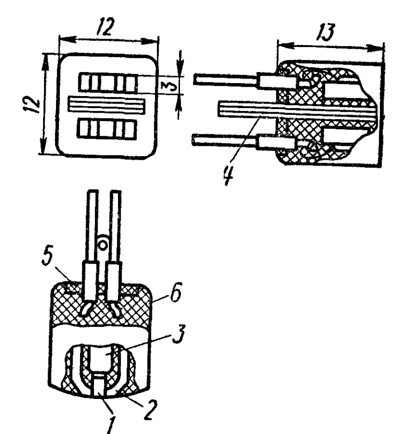


Рис. 47. Двухдорожечный блок головок стирания.

Оригинальная конструкция двухдорожечного блока головок с пластинчатым сердечником и большой длиной рабочей поверхности изображена на рис. 48. Корпус блока состоит из двух симметричных штампованных пластмассовых половин *1*, соединяемых в приспособлении заливочным компаундом *7*. Каждая половина корпуса имеет пазы для установки полусердечников *3* и *4*. Тыльная сторона пластины каждого полусердечника отгибается так, что катушки головок разнесены друг от друга, в результате чего в значительной мере увеличивается переходное затухание. Кроме того, между головками помещен магнитный экран *2*.

Выводы обмоток распаяны на плинте *6*. Для того чтобы рабочие зазоры головок находились на одной прямой, необходимо, чтобы половины корпуса после обработки имели хорошую плоскостность в месте разъема. При сборке обе половины скрепляют клеем, предварительно поместив прокладки в зазоры. Далее блок помещается в пермаллоевый экран *5* и заливается компаундом.

Для обеспечения требуемого переходного затухания можно использовать компенсацию проникания в блоках головок. Способ компенсации для комбинированных головок, рассмотренный в гл. 2, пригоден также для увеличения переходного затухания между головками в многодорожечных блоках головок. Два таких многодорожечных блока головок изображены на рис. 49, *а*, *б*, а на рис. 49, *в* показана их упрощенная эквивалентная схема.

Первое устройство (рис. 49, *а*) представляет собой двухдорожечный блок, имеющий небольшие габариты в направлении движения магнитной ленты. Плечи моста *A—C*, *A—D*, *C—B*, *B—D*, изображен-

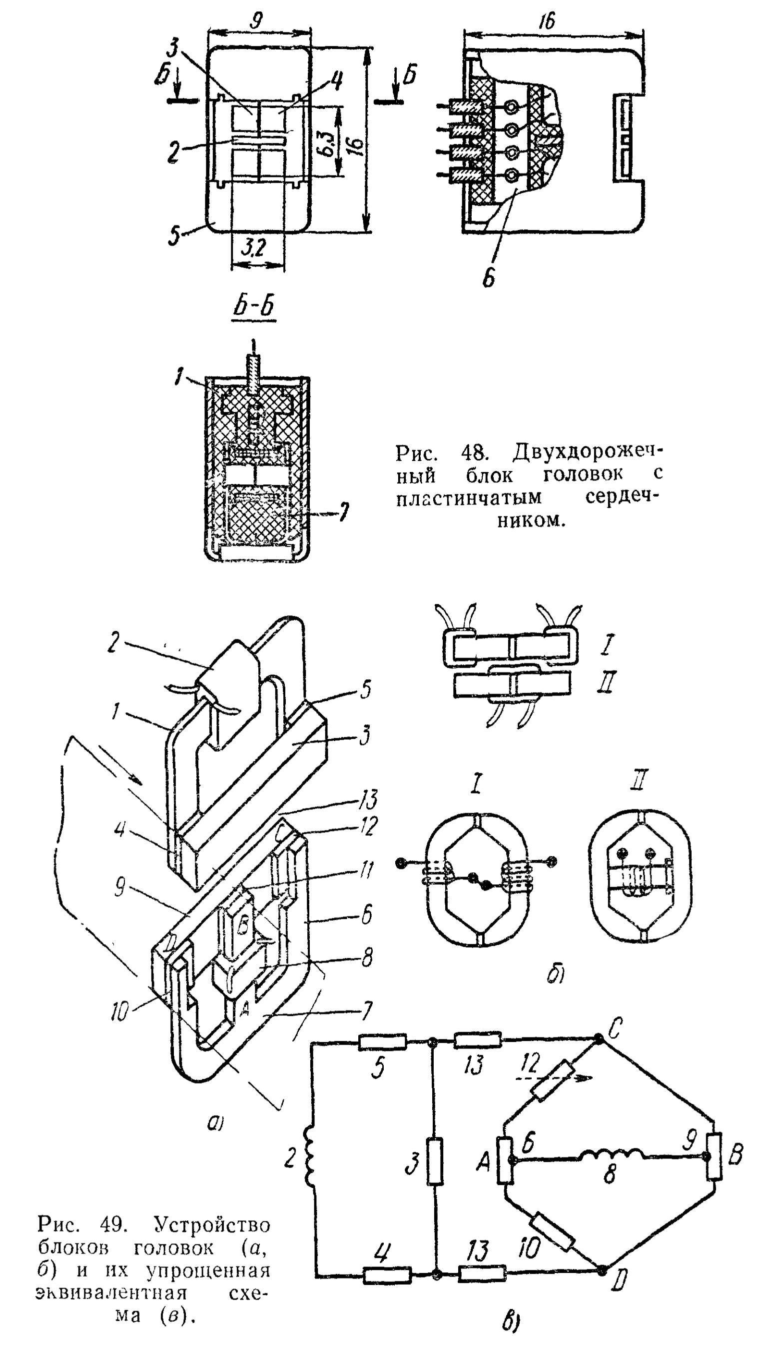


Рис. 48. Двухдорожечный блок головок с пластинчатым сердечником.

Рис. 49. Устройство блоков головок (*а*, *б*) и их упрощенная эквивалентная схема (*в*).

ные на эквивалентной схеме блока головок, представляют собой последовательное соединение магнитных сопротивлений частей сердечников и зазоров головок блока, поэтому аналогично уже показанному для комбинированных головок (см. рис. 27) этот мост можно сбалансировать так, что магнитный поток, созданный одной обмоткой, не будет возбуждать э. д. с. проникания в другой обмотке, и наоборот. Достоинством второго устройства (рис. 49, *б*) является возможность конструирования многодорожечных блоков (трех и более). В этом блоке необходимо чередовать последовательно два типа головок: один обычный, кольцевой; другой — с обмоткой на дополнительном сердечнике, встроенном в средней части кольцевого сердечника. Таким образом, магнитная цепь любых соседних двух головок представляет собой сбалансированный магнитный мост с обмотками в его диагоналях.

Эффективность обоих вариантов блока головок по сравнению с другими известными заключается в следующем:

в увеличении поперечной плотности записи благодаря сближению сердечников (второй вариант блока);

в возможности одновременно производить запись и воспроизведение головками блока по соседним дорожкам без значительных помех на воспроизведение со стороны записи;

в упрощении конструкции блока из-за отказа от конструктивно сложных экранов между головками;

в уменьшении габаритов для двухдорожечного блока головок с пластинчатым сердечником в направлении движения ленты (первый вариант блока).

Глава четвертая

ИЗГОТОВЛЕНИЕ, ИСПЫТАНИЕ И УСТАНОВКА ГОЛОВОК

Изготовление головок

Магнитные головки с высокой разрешающей способностью—прецизионные приборы. Промышленное изготовление головок, хотя и простых по устройству, связано со многими трудностями, в основном технологическими. В настоящее время массовое производство простых головок основано на широком применении механизации и автоматизации. В отличие от этого малосерийное производство головок профессионального назначения выполняется с помощью ручного труда высококвалифицированных рабочих. В процессе производства этих двух видов головок, помимо пооперационного контроля, собранная головка подвергается испытанию на специальном измерительном стенде.

Для производства головок на предприятии организуется специализированный цех, в котором поддерживается постоянная температура, установлены приборы для очистки воздуха и создан ряд других необходимых условий.

Ниже перечисляются основные операции изготовления тороидальных головок, показанные на рис. 4, и указана последовательность этих операций в технологическом процессе: 1) штамповка пла-

стин; 2) термообработка пластин; 3) склейка пакетов полусердечников; 4) изготовление арматуры и прокладок головок; 5) намотка катушек (для головок рис. 4, *а*, *б*) или обмотка сердечников (для головки на рис. 4, *в*); 6) сборка полусердечников в полублоках (для головки на рис. 4, *в*); 7) предварительная шлифовка торцов; 8) предварительная шлифовка рабочей поверхности; 9) окончательная доводка торцов; 10) сборка магнитопровода (для головки на рис. 4, *б*); 11) сборка головки; 12) окончательная доводка рабочей поверхности; 13) испытания головки.

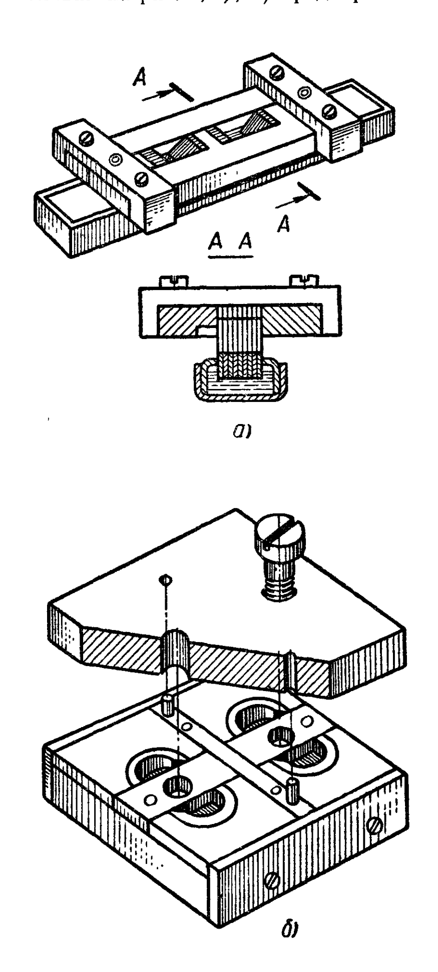


Рис. 50. Приспособления, применяемые для склейки пакетов сердечников.

Данный технологический процесс с небольшими изменениями пригоден и для других конструкций головок. Вкратце об этих изменениях сказано в приводимом ниже описании технологических операций.

Штамповка пластин. Для штамповки используется лента магнитомягкого материала, которая для удобства предварительно разрезается в направлении проката на несколько узких полос шириной, соответствующей размерам пластин. Штамповка выполняется вырубными штампами.

Термообработка пластин. Перед тем как приступить к термообработке, чистые пластины, не имеющие видимых механических повреждений, обычно пересыпают тонким слоем магнезии или окиси алюминия и затем складывают пакетами в специальных контейнерах или на небольших противнях. Такая подготовка пласгин позволяет сохранить их от спекания и деформаций в процессе термообработки. Перед тем как перейти к следующей операции, пластины промывают и затем высушивают.

Как уже упоминалось, термообработка для некоторых материалов состоит из двух операций: предварительного отпуска в печи для лучшей механической обработки при штамповке и последующего

отжига в вакуумных печах для получения необходимых магнитных свойств. Режимы термообработки указаны в табл. 10.

После отжига пластин их магнитные свойства определяются с помощью так называемых «свидетелей» — специальных колец, отштампованных из того же материала и отожженных одновременно с пластинами.

Отожженные пластины чувствительны к механическим воздействиям, большим пределам упругости, поэтому при дальнейшей обработке и транспортировке пластин с ними нужно обращаться осторожно.

Склейка пакетов полусердечников. В процессе склейки образуются монолитные пакеты сердечников заданной толщины и правильной формы, при которой боковые поверхности должны быть перпендикулярны к плоскости торцов, а торцы не должны иметь выступающих пластин-ступенек. Склейка обычно производится эпоксидным клеем. Собранные пакеты укладываются в зажимную рамку так, чтобы закругленная часть пластин погружалась в ванну с клеем, как это показано на рис. 50, *а*. Клей проникает между отдельными пластинами и скрепляет их. После этого пакеты подсушиваются в термостате при температуре 50° С в течение 30 мин.

Подсушенные пакеты укладываются заподлицо в приспособление, один из вариантов которого показан на рис. 50, *б*. При укладке надо следить за тем, чтобы ступеньки на поверхности пакета не превышали 0,05 мм, иначе в последующем при шлифовке появится необходимость снятия большого припуска, что может повлечь за собой наклеп и расхождение клеевого шва, называемое «распушиванием» носика. Толщина клеевого шва не должна превышать 10 мкм.

Для того чтобы пакет не приклеивался к приспособлению, место их соприкосновения смазывают маслом (например, силиконовым). Правильно установленные пакеты стягиваются винтами приспособления до упора, чем обеспечивается их заданная толщина. Для ускорения сушки приспособление помещается в термостат и выдерживается там 2 ч при температуре 180—200° С. Затем приспособление разбирают, вынимают пакеты и очищают их от остатков клея и смазки. Ниже приводится состав клея и компаунда, применяемых при склейке пакетов сердечников и при сборке головок.

Клей

Состав	Количество весовых частей
Смола ЭД-6	100
Полиэтиленполиамины (отвердитель)	7
Изооктиловый спирт	10
Ацетон	383

Компаунд

Состав	Количество весовых частей
Смола ЭД-6	100
Полиэтиленполиамины (отвердитель)	21
Ацетон . . . . ,	11
Мел (наполнитель)	21

Таблица 10

Марка сплава	Среда отжига	Температура и скорость нагрева	Время нагрева в зависимости от размера и веса садки, ч	Режим охлаждения
50НХС 80НХС	Вакуум	1100—1150° С со скоростью 400—500° С/ч	3—6	Охлаждение до 400° С со скоростью 100° С/ч; далее охлаждение образцов на воздухе
79НМ	То же	1100—1150° С со скоростью 400—500° С/ч	3—6	Охлаждение до 600° С со скоростью 100—200° С/ч; с 600 — до 200° С—плавное охлаждение со скоростью не более 500° С/ч
16Ю*	В открытой печи, окружающая атмосфера	1000° С в течение 1 ч	0,5—1	Охлаждение до 600° С со скоростью 60° С/ч. Выдержка при 590—600° С в течение 10—20 мин, затем резкое охлаждение в масле или 25%-ном растворе едкого натра (закалка)
16ЮХ* 16ЮИХ	В открытой печи **	1000° С не более 500° С/ч	0,5	Охлаждение до 800° С со скоростью 100° С/ч, от 800 до 650° С со скоростью 50° С/ч, от 650° С — закалка в масле
10СЮ-ВИ	Вакуум	800° С по 200° С/ч	5—6	Охлаждение со скоростью 50° С/ч до 200° С, далее на воздухе

* Перед штамповкой пластин производится предварительная смягчающая термообработка. Материал помещается в печь при температуре 650° С, выдерживается 5 мин и затем охлаждается на воздухе.

** Для получения повышенных магнитных свойств рекомендуется проводить термообработку с предварительной рафинировкой в вакууме.

Изготовление арматуры и прокладок. При массовом производстве все детали головок изготовляются с применением штамповки, а при мелкосерийном производстве — с применением слесарных работ и фрезеровки. Каркасы катушек и плинты с контактами выполняются прессованием из различных пластмасс.

Для изготовления корпусов, полублоков и стягивающих обойм применяют латуни, пластмассы, а также сплавы на основе алюминия. Как уже упоминалось, выбор материала определяется конструктивными особенностями головок, механическими и климатическими требованиями и в первую очередь устойчивостью к истиранию лентой. Выбирать материалы деталей, подвергающихся истиранию лентой, нужно так, чтобы износ этих деталей (сердечника и корпуса) был одинаков. Правильный подбор материалов облегчает процесс изготовления головок.

Доработка заготовок металлических полублоков производится сверлением (под винты, штифты и обмотки) и фрезерованием (прорезка пазов для сердечников и экранов).

Пластмассовые полублоки и корпуса изготовляются прессованием из порошков с последующей доработкой. Необходимо учитывать то, что геометрическая форма, размеры и плоскостность деталей со временем изменяются. Изготовление полублоков, корпусов и деталей путем литья из легкоплавких материалов хотя и может обеспечить высокую точность, однако связано со значительными технологическими трудностями.

Изготовление прокладок для зазоров сердечников требует особой аккуратности. Прокладки вырезаются из фольги диамагнитных металлов или из расслоенных листков слюды, толщину которых необходимо контролировать с помощью измерительных приборов. Прокладка в рабочем зазоре может быть получена также напылением или гальваническим нанесением диамагнитного материала на торцы сердечников. Последние два способа хотя и сложны, но позволяют получить хорошую повторяемость размеров рабочего зазора при массовом изготовлении головок.

Намотка. Обмотки предварительно наносятся на пластмассовые каркасы (для головок, показанных на рис. 4, *а*, *б*) или непосредственно на сердечник, обернутый слоем изоляции (для головки, показанной на рис. 4, *в*).

Намотка рядовая, выполняется на специальном станке.

Для сохранения формы сердечника при зажиме в намоточном станке его обертывают слоем упругой ленты или защищают с помощью тонких пластмассовых прокладок.

Для намотки катушек головок, показанных на рис. 4, *б*, *в*, применяется провод в эмалевой изоляции, стойкий к высокой температуре, влаге и действию заливочного компаунда.

Сборка полусердечников в полублоках. Полусердечник с обмоткой предварительно закрепляется с помощью эпоксидного клея в пазах полублока, а затем подвергается термообработке для отверждения клея.

Обработка плоскостей разъема сердечников и полублоков (технологические операции *7* и *9*). Обработка торцов полусердечников головок, показанных на рис. 4, *а*, *б*, производится с помощью абразивных инструментов и технологической оснастки с целью получения требуемой чистоты и плоскостности обрабатываемых поверхностей. Процесс обработки выполняется при небольшом давлении, при котором еще не появляются значительные структурные изменения в поверхностном слое материала сердечника.

Обработка плоскостей разъема полублоков с вмонтированными полусердечниками (см. рис. 4, *в*) осуществляется несколько проще, так как не требуется приспособлений для крепления полусердечников. После обработки плоскостность не должна иметь отклонение более 1 мкм, а чистота поверхности — не ниже двенадцатого класса. Допустимый припуск на такую обработку не должен превышать 0,1 мм. Обработка выполняется на мелкозернистых шлифовальных камнях или притирах (чугунные плиты, шаржированные тонкими зернами абразива). Рабочая поверхность шлифовальных камней и притиров в процессе работы теряет строгую плоскостность, поэтому ее

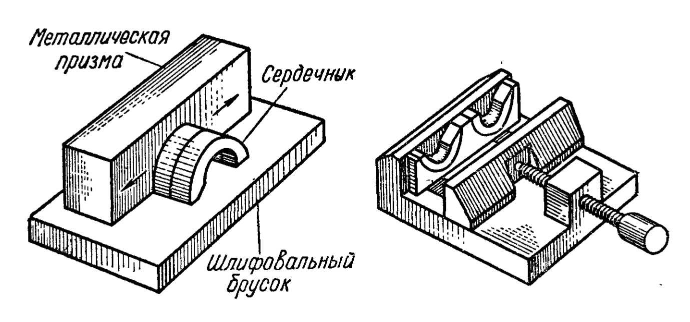


Рис. 51. Приспособления, применяемые для обработки торцовых плоскостей полусердечников.

необходимо периодически проверять и в случае необходимости производить правку с помощью прецизионного инструмента.

При изготовлении головок с шириной рабочих зазоров менее 5 мкм обрабатываемые поверхности должны соответствовать точности обработки оптических плоских стекол. Контроль такой обработки может осуществляться оптическим интерференционным способом.

Обработка торцовых плоскостей полусердечников и полублоков обычно производится двумя технологическими операциями: первая — предварительная шлифовка и вторая — окончательная полировка и доводка

Предварительная шлифовка полусердечников для головок, показанных на рис 4, *а*, *б*, может производиться вручную или на обычном плоскошлифовальном станке с помощью приспособлений, изображенных на рис. 51.

Торцы полусердечников при установке в приспособлении выравниваются в плоскости, параллельной ходу стола шлифовального станка. Выравнивание осуществляется лекальной линейкой, затем полусердечники затягиваются в тисках до упора, который предохраняет их от чрезмерного сжатия.

При шлифовке снимается не более 0,1 мм до получения чистой поверхности Те же приспособления обеспечивают необходимую перпендикулярность плоскости торцов к боковым поверхностям пакетов. После окончания данной операции надо удалить заусенцы. Обработанные полусердечники подбирают попарно для дальнейшей обработки.

Полировку и доводку выполняют вручную на ровном матовом стекле или притирах с применением полировальных паст.

Одновременно притирают два полусердечника одной головки, их складывают вместе и через равные промежутки времени меняют местами. Эта операция считается выполненной, если обрабатываемая поверхность зеркальная, а ее шероховатость не превышает 0,2 мкм. При контроле поверхности на бинокулярном микроскопе с увеличением, равным 100, торцы отдельных пластин должны отчетливо разделяться клеевым швом.

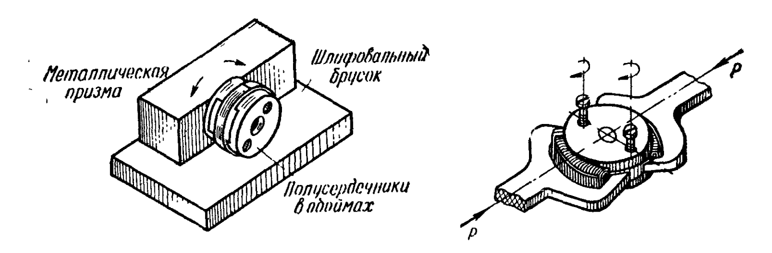


Рис. 52. Обработка рабочей поверхности головки.

Рис. 53. Сборка головки.

Обработка рабочей поверхности (технологические операции *8* и *12*). С помощью этих операций достигаются заданная геометрическая форма рабочей поверхности головки и так называемое вскрытие рабочего зазора. Чистота обработки рабочей поверхности не должна быть ниже 11-го класса. Получение хорошего качества рабочего зазора является наиболее важной и трудоемкой задачей при обработке.

Как и в предыдущем случае, обработка состоит из двух операций: предварительной шлифовки и окончательной полировки.

При выполнении первой операции два парных полусердечника соединяют в кольцо и укрепляют с помощью обойм, как это показано на рис. 52. При ручной шлифовке на брусок кладут металлическую призму, а полусердечники в обоймах прижимают к боковой поверхности призмы, что позволяет удерживать пакеты перпендикулярно к абразивной поверхности бруска. Вначале шлифовка производится вдоль рабочей поверхности, а затем поперек. Для хорошего выравнивания рабочей поверхности не следует сошлифовывать более 0,1 мм. При механизированной шлифовке полусердечники устанавливают на специальном шлифовальном станке, который работает по принципу маятника и имитирует движения при ручной шлифовке.

Обработанная рабочая поверхность должна иметь форму полуцилиндра, расположенного перпендикулярно к площадке крепления головки. После предварительной шлифовки профиль поверхности проверяется с помощью компаратора путем сравнения с контуром шаблона при увеличении в 100 раз; одновременно контролируется размер носиков, который не должен иметь большого разброса.

Сборка сердечника и головки (технологические операции *10* и *11*). Для сборки головки, показанной на рис. 4, *а*, применяется приспособление, устройство которого приведено на рис. 53. В этом

приспособлении полусердечники с надетыми на них катушками и прокладками между торцами стягиваются и затем зажимаются между верхней и нижней обоймами с помощью двух винтов, после чего собранная головка вынимается из приспособления. При сборке головки, показанной на рис. 4, *б*, полусердечники с катушками и установленными прокладками стягиваются в аналогичном приспособлении, а затем с помощью пайки скрепляются вместе, как это изображено на рис. 5. Собранный сердечник с катушками укладывается

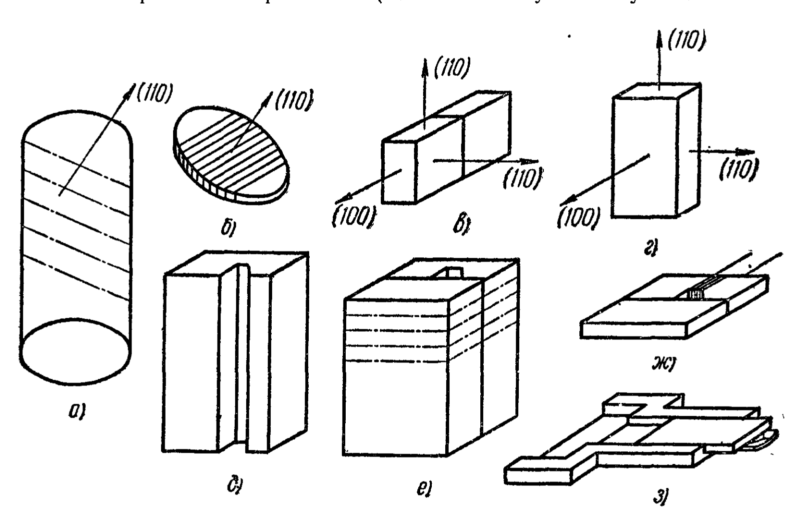


Рис. 54. Схема технологического процесса изготовления сердечника головки из МКФ.

а — выращенный монокристалл марганец-цинкового феррита; *б* — заготовка с правильной ориентацией; *в* — полублоки, вырезанные из заготовки; *г* — полублок со шлифованными поверхностями; *д* — полублок с вырезанным окном для обмотки; *е* — соединение двух полублоков и разрезка блока на сердечники; *ж*, *з* — нанесение обмоток на сердечник и установка в корпусе-держателе.

в пластмассовый корпус и заливается компаундом, после чего подвергается искусственному старению путем соответствующей термообработки.

Головка, показанная на рис. 4, *в*, собирается без приспособления. Перед стяжкой полублоков между полусердечниками с рабочей стороны (а для головки записи и с противоположной стороны) устанавливаются прокладки, образующие зазоры.

Окончательная доводка рабочей поверхности собранной головки производится с помощью полировальных паст и приспособлений, применяемых для предварительной обработки этой поверхности.

В заключение приведем краткое описание технологии изготовления ферритовых головок, показанных на рис. 29 и 34.

Схематически основные операции технологического процесса изготовления головок видеозаписи из МКФ показаны на рис. 54. Этот процесс связан с выполнением следующих операций: изготовление заготовки с заданным направлением оси кристаллизации, вы-

резка полублоков и углублений для обмотки, шлифовка поверхностей, скрепление полублоков стеклом и формирование рабочего зазора, разрезка блока на сердечники, доводка размеров сердечника, нанесение обмотки, установка и закрепление сердечника в корпусе (держателе) головки, испытание головки.

На рис. 55, *а* показана ферритовая заготовка для головок звукозаписи и схематически изображены основные операции ее обработки. Заготовка состоит из двух С-образных половин, монолитно

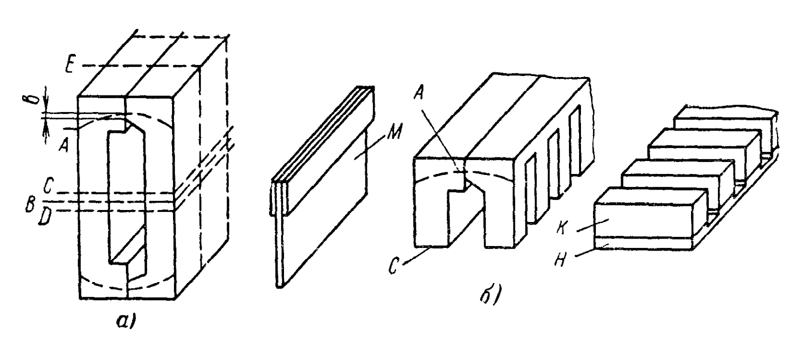


Рис. 55. Заготовки для изготовления сердечников головок.

а — для одной головки; *б* — для многодорожечного блока головок.

скрепленных стеклянным слоем требуемой толщины для получения рабочего зазора. Заготовка обрабатывается по поверхности *А* до получения рабочей поверхности требуемой формы и чистоты и после шлифовки «дорабатывается» размер *в* в соответствии с требуемой эффективностью головки. Следующая операция — разрезка по линии *В* и шлифовка поверхностей *С* и *D* до получения зеркальных поверхностей. И, наконец, резка обеих частей заготовки по линии *Е* на секции толщиной, соответствующей заданной длине рабочего зазора. Далее образованные секции и сердечники ярма (из-за простоты их изготовление не описывается) монтируются, как это показано на рис. 35, и затем закрепляются в корпусе эпоксидным компаундом (рис. 34, *а*).

Подобным образом, но с соответствующими изменениями, необходимыми для одновременного изготовления нескольких головок, осуществляется процесс изготовления многодорожечных блоков ферритовых головок. Основное отличие состоит в другой последовательности операций, обусловленной необходимостью расположения в общей плоскости рабочих зазоров всех головок блоков.

На рис. 55, *б* показана форма ферритовой заготовки для блока головок. В этой заготовке после разрезания по линии *С* прорезаются пазы таким образом, что их ширина соответствует заданному промежутку между сердечниками головок блока, а ширина выступов — заданной длине рабочего зазора. При необходимости в эти промежутки можно помещать магнитные экраны *М*; с ними или без них в зоне стыка вся эта система закрепляется эпоксидным компаундом или другим подобным материалом. Перед окончательной сборкой на торцы Г-образных сердечников устанавливают катушки с обмоткой и каждый магнитопровод замыкается соответствующим

сердечником — ярмом *К*, укрепленным на общем керамическом основании *Н*.

Последняя операция после монолитного скрепления всего устройства блока — резка по линии *А* и требуемая обработка рабочей поверхности получаемого многодорожечного блока головок.

Как всякая керамика, ферриты стойки к сжимающим усилиям и чувствительны к растягивающим, поэтому в процессе изготовления, а также и в дальнейшем при эксплуатации во избежании возможных повреждений ферритовых головок необходимо быть особенно осторожным и учитывать это свойство, например, при чистке, размагничивании и в других подобных случаях.

Испытание головок

Проверка под микроскопом. При визуальном исследовании рабочей поверхности головки с пакетным сердечником прокладка в рабочем зазоре, а также каждая пластина сердечника и клеевые швы между ними должны четко просматриваться.

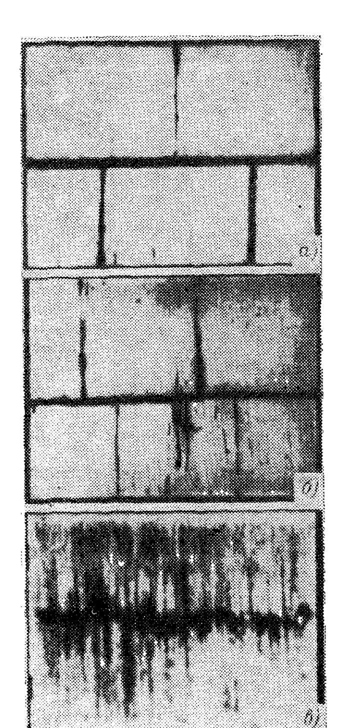


Рис. 56. Микрофотографии участков зазоров под микроскопом.

Для зазоров шириной более 100 мкм их качество определяется при увеличении в 100 раз, а для узких зазоров (3—10 мкм) — при увеличении в 600 раз. Качество зазора определяется путем сравнения с образцом. На микрофотографии (рис. 56, *а*) показан образец хорошего выполнения зазора. Края этого зазора и торцы каждой пластины вырисовываются четко, а риски от шлифовки заметны слабо. Качество зазора считается удовлетворительным в том случае, если его ширина практически одинакова по всей длине, а волнистость, конусность, овальность и другие нарушения формы незначительны. Допускается некоторое затягивание зазора в нескольких местах общей длиной не более 3% всей длины зазора, а также искривление линии зазора у самых концов. Образец зазора удовлетворительного качества показан на рис. 56, *б*, а неудовлетворительного — на рис. 56, *в*. В последнем случае прокладка четко не просматривается, ширина ее неодинакова, края размыты, заметны значительные замыкания зазора и рваные края.

Проверка на измерительном стенде. С помощью стенда измеряют основные параметры головок:

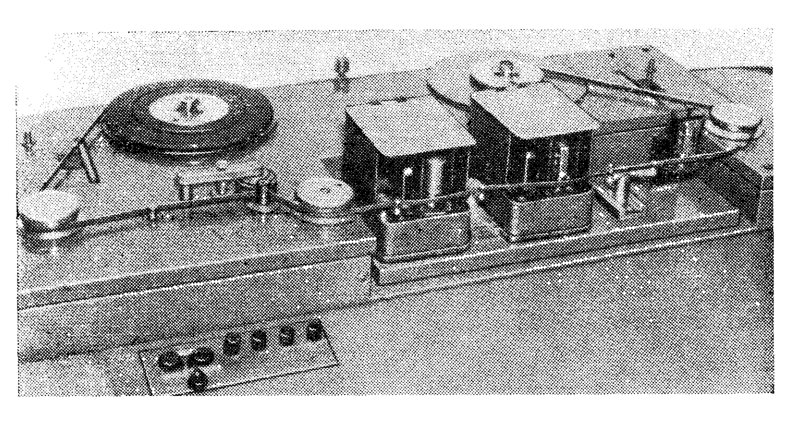


Рис. 57. Общий вид стенда для проверки головок.

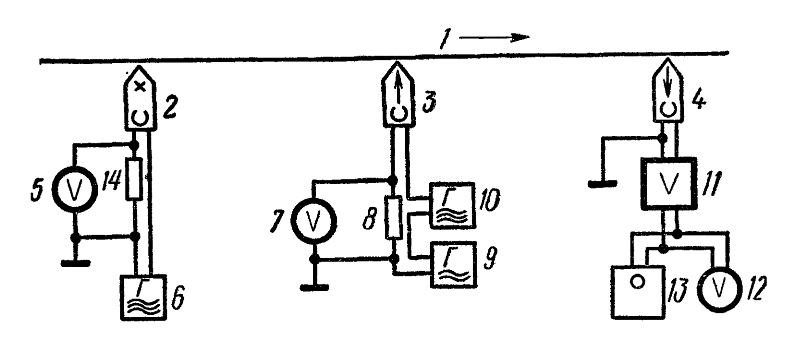


Рис. 58. Схема измерения параметров головок.

1 — магнитная лента; *2* — головка стирания; *3* — головка записи; *4* — головка воспроизведения; *5, 7, 12* — электронные вольтметры типа ВЗ-2А; *6, 9, 10* — звуковые генераторы типа ГЗ-33; *8, 14* — резисторы ВС-0,5 — 10 Ом±5%; *11* — усилитель воспроизведения; *13* — осциллограф типа С1-1.

частотную характеристику, отдачу, токи записи, подмагничивания и стирания и ряд других параметров.

Общий вид стенда показан на рис. 57, а схема измерения приведена на рис. 58. Вся установка имеет вид рабочего стола, на котором размещается специальный лентопротяжный механизм, усилитель воспроизведения, комплект приборов, инструмент и вспомогательное оборудование. При серийном производстве головок их испытания на стенде целесообразно проводить путем сравнения с контрольными головками, которые иногда называют эталонными. Параметры последних заранее измерены, поэтому перед проверкой вновь изготовленных головок с помощью эталонных головок проверяют характеристики канала записи и воспроизведения.

При испытании головок воспроизведения в качестве головки записи работает эталонная головка, а при испытании головки записи работает эталонная головка воспроизведения.

Лентопротяжный механизм осуществляет равномерное движение петли или рулона магнитной ленты на стандартных скоростях: 76,2; 38,1; 19,05; 9,5 и 4,76 см/с. Для установки испытуемых головок в механизме имеются специальные площадки, с помощью которых можно регулировать положение рабочего зазора относительно ленты. По качественным показателям механизм стенда соответствует лентопротяжным механизмам профессиональных магнитофонов.

Усилитель воспроизведения имеет входное сопротивление около 0,5 МОм и два значения коэффициента усиления: 40 дБ в полосе частот 30 Гц — 20 кГц и 76 дБ в полосе частот 300—500 Гц с допуском ±1 дБ. Большее усиление используется при измерении относительного уровня стирания.

В качестве генераторов токов стирания, подмагничивания и звуковой частоты используются три генератора типа Г3-33. Для измерения токов и выходного уровня применяются три электронных вольтметра типа В3-2А или аналогичных им. Определение токов записи и стирания производится по падению напряжения на резисторах с известным сопротивлением, включенных в цепи испытуемых головок.

В ящиках стола стенда находятся рабочие и запасные эталонные головки, технические условия или инструкции по проверке головок, измерительные ленты (тестфильмы), рулоны типовой ленты, размагничивающий электромагнит, клей для ленты, отвертки и ножницы.

Испытуемые и эталонные головки, инструмент, а также все детали стенда, которых касается лента, необходимо перед началом измерений размагнитить. Способ размагничивания и устройство простого размагничивающего электромагнита приводятся ниже.

Эталонные головки

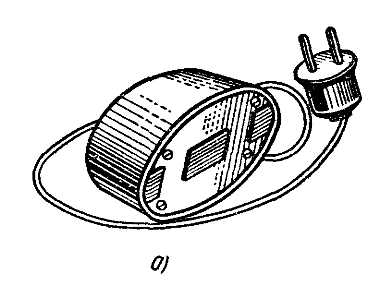
При измерении параметров головок профессионального назначения в качестве эталонных применяются специальные головки воспроизведения, записи и стирания. По конструкции эти головки подобны головке, показанной на рис. 7, *а*, и обеспечивают высокое качество рабочего зазора и стабильность его размеров в процессе эксплуатации. При записи и воспроизведении такими головками на ленте типа 6 полива № 602004 при скорости 19,05 см/с отношение отдачи на частоте 15 000 Гц к отдаче на частоте 400 Гц составляет не менее —3 дБ. Ток записи в измеряемом диапазоне частот поддерживается постоянным, а ток подмагничивания выбирается оптимальным (т. е. соответствующим максимальной отдаче ленты) для частоты 7000 Гц. Натяжение ленты равно 0,8—1 Н (80—100 г) при угле огибания головки лентой 12—14°.

Чувствительность эталонной головки записи, т. е. ток, при котором остаточный поток равен 256 нВб/м на частоте 400 Гц, при указанных выше условиях записи не превышает 1 мА.

При токе стирания, равном 25 мА, и частоте 80 кГц эталонная головка стирания при однократном проходе ленты типа 6 около головки ослабляет уровень записи с частотой 400 Гц и потоком 512 нВб/м, выполненной в тех же условиях, что и выше, не менее чем на 74 дБ.

Таблица 11

Тип головки	Индуктивность обмотки, мГн	Сопротивление обмотки, Ом	Число витков обмотки	Ширина рабочего зазора, мкм	Ширина эффективного рабочего зазора, мкм	Материал: сердечника	Материал: прокладки рабочего зазора	Отдача, мВ	Параллельное сопротивление потерь на частоте 80 кГц, кОм
Воспроизводящая	70—85	30—40	2×280	6	6—7	79НМ	Слюда	1,3—1,5	—
Записывающая	45—57	40—50	2×350	10	—	50НХС	То же	—	40—60
Стирающая	1,8—2,1	9—11	2×75	150	—	50НХС	То же	—	3—4



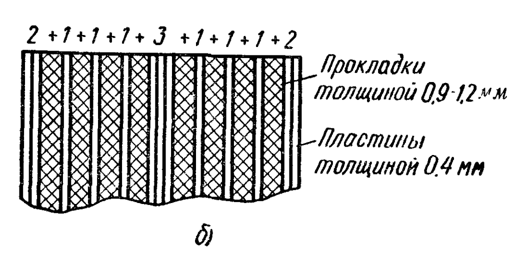


Рис. 59. Размагничивающий электромагнит.

а — общий вид; *б* — расположение прокладок между пластинами сердечника.

Основные данные эталонных головок приведены в табл. 11.

Размагничивающий электромагнит. На рис. 59, *а* приведен общий вид одной из конструкций такого электромагнита. Сердечник (рис. 59, *б*) собран из пластин Ш25, выполненных из стали Э42, между которыми вставлены гетинаксовые прокладки. Обмотка имеет две секции по 1000 витков провода ПЭТВ 0,47. Для питающего

напряжения 127 В обе секции соединяются параллельно, а для напряжения 220 В — последовательно.

Процесс размагничивания осуществляется следующим образом: электромагнит включают в сеть, когда он находится в некотором отдалении от размагничиваемого объекта, затем приближают к этому объекту и плавно удаляют на расстояние 1—1,5 м, после чего выключают. Вблизи включенного электромагнита не должны находиться предметы или приборы, которые могут испортиться от действия магнитного поля, например магнитные фонограммы, измерительные ленты, часы и др.

Электромагнит в случае необходимости можно использовать и для размагничивания магнитной ленты. Для предупреждения перегрева электромагнита через каждые 3—4 мин работы его необходимо выключать на 3—5 мин.

Установка и регулировка головок

При установке новых головок необходимо следить за тем, чтобы рабочий зазор находился в середине угла огибания головки лентой. Выполнение этого требования проверяется по следу от движущейся ленты на слегка закрашенной рабочей поверхности. Головки, помещаемые в магнитные экраны, перед установкой на лентопротяжный механизм необходимо размагнитить.

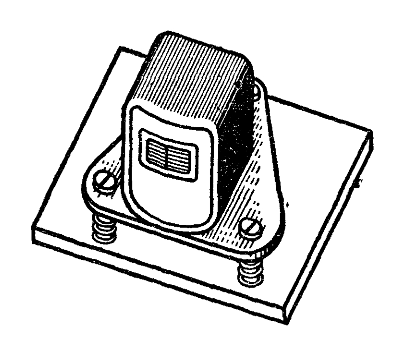


Рис. 60. Площадка для установки головки.

Обычно головки записи и воспроизведения укрепляют на площадках, наклон которых регулируется для нахождения правильного положения рабочего зазора.

На рис. 60 показана одна из таких площадок. Требуемое расположение рабочей поверхности головки по высоте относительно ленты достигается путем поочередного вращения винтов. Параллельность образующей рабочей поверхности относительно ленты достигается вращением заднего винта, а с помощью боковых винтов устанавливают угол наклона рабочего зазора. Правильное положение рабочего зазора (строго перпендикулярно к направлению движения ленты) у воспроизводящей или универсальной головки устанавливается с помощью измерительной ленты с индексом «Ч» по максимуму напряжения на выходе аппарата. Установка головки записи производится после установки головки воспроизведения путем регулировки угла ее наклона по максимальной отдаче при записи сигнала высокой частоты.

Положение правильно установленных головок рекомендуется зафиксировать краской.

Если головки имеют съемные экраны, то их установка должна производиться надежно и жестко, иначе из-за механических вибраций в магнитофоне или от внешних звуковых воздействий возника-

ют помехи при записи и воспроизведении, схожие с микрофонным эффектом.

Рабочую поверхность головки необходимо оберегать от механических повреждений, а сердечник от намагничивания. Намагничивание сердечника часто может возникать в процессе измерения сопротивления обмоток. Подготовленные к работе магнитные головки всегда должны быть размагниченными и иметь чистую рабочую поверхность.

Как уже упоминалось, магнитная лента является абразивом, скользящим по рабочей поверхности головки с определенным давлением и углом охвата. Обеспечение контакта между лентой и головкой связано с неизбежностью истирания головки и ленты, поэтому для предотвращения преждевременного износа головок необходимо, чтобы влияющие на это факторы — натяжение ленты, угол охвата и климатические условия эксплуатации находились в допустимых пределах.

Экраны головок

В лентопротяжном устройстве магнитофона, особенно вблизи от электродвигателей, электромагнитов и трансформаторов, возникают различной интенсивности переменные магнитные поля, являющиеся причиной паразитных э. д. с. в головках. Особенно чувствительны к этим полям воспроизводящие и универсальные головки. С целью защиты их помещают в магнитные экраны, выполненные

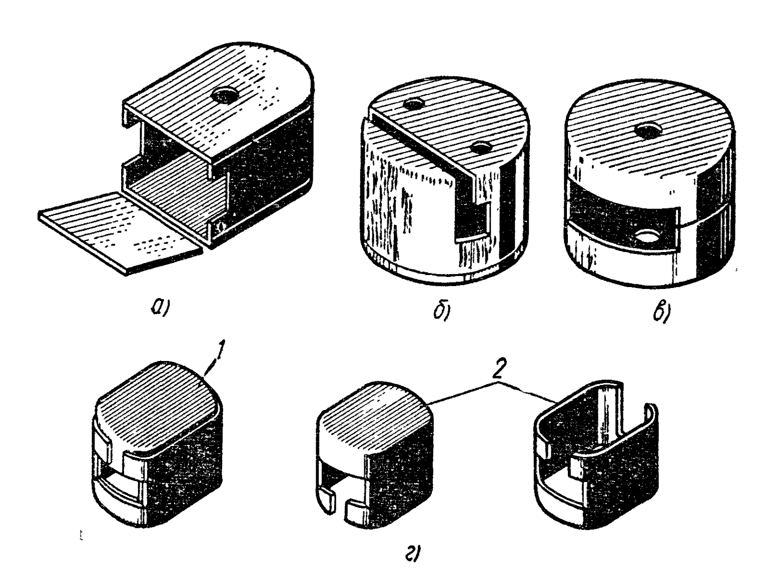


Рис. 61. Экраны головок.

а — с откидной крышкой; *б* — цилиндрический с прорезью для ленты; *в* — цилиндрический из двух симметричных половин; *г* — для малогабаритных головок (*1* — в сборе, *2* — в разобранном виде).

в виде колпаков из одного или нескольких слоев пермаллоя (или магнитной стали) с прорезями для ленты.

Головки записи и стирания в большинстве магнитофонов также снабжены экранами главным образом для того, чтобы они сами не являлись источниками помех. В этом случае достаточно однослойного экрана.

При больших скоростях ленты относительно головки магнитный экран воспроизводящей или универсальной головки может быть причиной волнистости частотной характеристики в области низких частот. Если после замены головки, имеющей съемный экран, появляется увеличенная волнистость, то ее можно уменьшить путем подбора положения краев экрана относительно магнитной ленты. На рис. 61 показано несколько конструкций магнитных экранов для головок.

Глава пятая

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

Воспроизводящие потокочувствительные головки

Описанные в предыдущих главах индукционные головки обычно используются для воспроизведения сигналов с частотой не ниже 20—30 Гц. На более низких частотах отдача этих головок, линейно зависящая от частоты, по правилу электромагнитной индукции становится столь мала, что возникают серьезные затруднения с усилением и частотной коррекцией слабых сигналов.

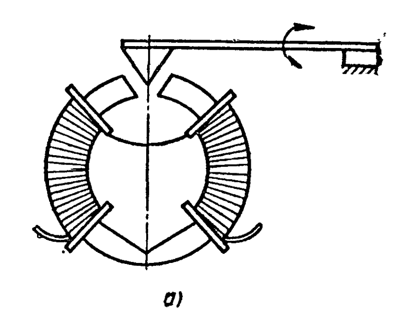
Вместе с тем в ряде случаев применения магнитной записи необходимо воспроизводить сигналы с полосой частот, лежащей в области долей герца. К таким случаям, например, относится использование магнитной записи в измерительной технике для регистрации медленно изменяющихся процессов. Для такой записи сигнал предварительно преобразуется в тот или иной тип модулированных колебаний. При этом способе записи можно записывать и воспроизводить очень низкие частоты вплоть до постоянной составляющей. Однако все способы модуляционной записи существенно усложняют схему аппарата. Недостатком ее является также необходимость повышения скорости носителя записи, так как полоса частот записываемых сигналов при модуляции значительно расширяется.

Для уменьшения технических трудностей воспроизведения сигналов очень низких частот были созданы так называемые потокочувствительные воспроизводящие головки. Электродвижущая сила таких головок в отличие от э. д. с. индукционных головок в известных пределах не зависит от частоты записанного сигнала. Так как э. д. с. потокочувствительных головок пропорциональна не производной магнитного потока носителя записи, а его абсолютной величине, то в процессе записи — воспроизведения сигналов полностью сохраняются исходные фазовые соотношения. Это особенно важно при работе с импульсными сигналами, для которых часто нужно сохранить при воспроизведении их первоначальную форму.

Потокочувствительные головки могут принципиально воспроизводить любые низкие частоты, кроме постоянной составляющей. Однако практически частотный диапазон воспроизводимого сигнала

ограничен снизу. Это связано с тем, что при воспроизведении сигналов, у которых длина волны записи превышает длину контакта головки с носителем, наблюдается уменьшение магнитного потока, проникающего в сердечник головки.

Частотные искажения в области больших длин волн записи можно существенно уменьшить перекосом рабочих зазоров головок записи и воспроизведения на одинаковый угол (30—60°) относительно направления движения носителя записи. Этот перекос приводит к образованию внешнего магнитного потока между краями дорожки записи, что позволяет увеличить поток в сердечнике воспроизводящей головки.



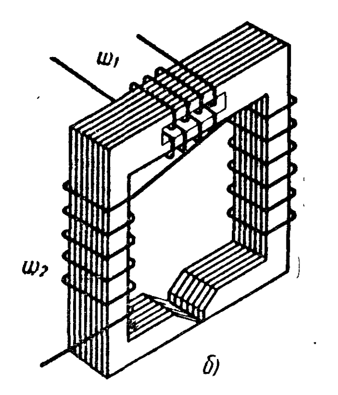


Рис. 62. Магнитомодуляционные головки.

а — головка с механической модуляцией потока; *б* — магнитомодуляционная головка с удвоением частоты.

В области высоких частот характеристика потокочувствительных головок определяется потерями, которые в одинаковой степени свойственны и индукционным воспроизводящим головкам. Известно очень много разнообразных по принципу действия и конструкции потокочувствительных головок. Из этого разнообразия следует выделить так называемые магнитомодуляционные головки, получившие наибольшее распространение.

Магнитомодуляционные воспроизводящие головки с механической модуляцией магнитного потока. Принцип действия головок подобного типа основан на периодическом изменении механическим путем магнитного сопротивления сердечника. В магнитомодуляционной головке, изображенной на рис. 62, *а*, поток в сердечнике модулируется изменением магнитного сопротивления дополнительного зазора с помощью клина из ферромагнитного материала, укрепленного на конце вибратора. Аналогичные результаты можно получить с помощью ферромагнитного ротора с четным числом зубцов, вращающегося внутри дополнительного зазора.

Магнитный поток Φ_1 в сердечнике головки изменяется с частотой f, равной частоте колебания вибратора. Этот поток создает в обмотке головки с числом витков w переменную э. д. с., равную: $E = 2\pi f w m \Phi_1 \cdot 10^{-8}$ В, где m — коэффициент модуляции потока.

Огибающая э. д. с. соответствует форме записанного сигнала. После соответствующего усиления и амплитудного детектирования

получают записанные сигналы. Головки этого типа имеют очень низкую отдачу, так как даже при тщательном выполнении коэффициент модуляции не превышает 0,05. Неудобством является также наличие механического устройства, которое должно быть очень точно выполнено и тщательно юстировано.

Магнитомодуляционная головка с удвоением частоты (рис. 62, *б*). Для головок этого типа характерным является наличие в части сер-

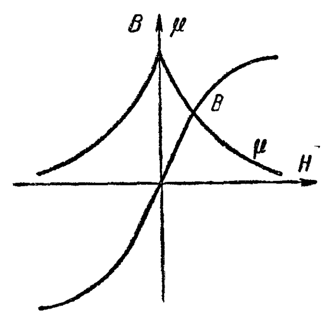


Рис. 63. Кривая намагничивания ферромагнитного материала и зависимость магнитной проницаемости от поля.

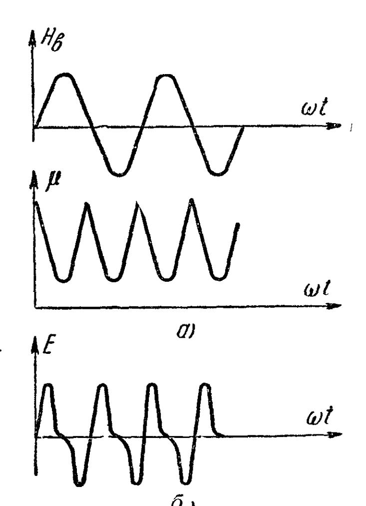


Рис. 64. Изменение магнитной проницаемости при синусоидальном поле возбуждения (*а*) и форма выходного напряжения магнитомодуляционной головки при постоянном намагничивании носителя записи (*б*).

дечника (наряду с магнитным полем сигнала $H_с$) вспомогательного поля, так называемого поля возбуждения $H_в$. Роль поля возбуждения состоит в периодическом изменении магнитного сопротивления сердечника для магнитного потока, создаваемого полем записанного сигнала.

Поле возбуждения создается током, протекающим через обмотку возбуждения w_1, намотанную в вырезе сердечника головки. Обмотка выполнена так, что магнитный поток возбуждения замыкается в участке сердечника, охваченном этой обмоткой. Поэтому при идеальной симметрии и однородности сердечника поток возбуждения не проходит через рабочий зазор головки и не индуцирует в выходной обмотке w_2 э. д. с. с частотой тока возбуждения.

Из-за нелинейности кривой намагничивания $B=f(H)$ магнитная проницаемость участка сердечника, охваченного обмоткой возбуждения, изменяется под воздействием поля возбуждения. Чем больше напряженность поля, тем меньше магнитная проницаемость (рис. 63). Так как магнитная проницаемость зависит от абсолютной величины напряженности поля и не зависит от его знака, то за каждый период поля возбуждения проницаемость дважды меняет свое значение (рис. 64, *а*).

Пренебрежем для простоты магнитным сопротивлением участков сердечника, на которых расположена выходная обмотка, а также шунтирующим действием рабочего зазора. Тогда для потока Φ_c в сердечнике, создаваемого намагниченным носителем записи, получим следующее выражение:

$$\Phi_c = H_c S \mu_a,$$

где S — площадь поперечного сечения участка сердечника, возбуждаемого полем с напряженностью H_c; μ_a — абсолютная магнитная проницаемость.

Так как напряженность поля сигнала значительно меньше поля возбуждения, то магнитная проницаемость сердечника практически не зависит от напряженности поля H_c. Магнитный поток Φ_c точно так же, как магнитная проницаемость, изменяется с удвоенной частотой тока возбуждения, а амплитуда его пропорциональна намагниченности носителя записи.

В обмотке w поток Φ_c индуцирует э. д. с. с удвоенной частотой тока возбуждения:

$$E = -w_2 \frac{d\Phi_c}{dt} = -w_2 H_c S \frac{d\mu}{dt}.$$

Форма этой э. д. с. показана на рис. 64, *б* для постоянной намагниченности носителя записи.

Применение магнитомодуляционных головок осложняется тем, что из-за неизбежной неоднородности магнитных свойств сердечника и его геометрической асимметрии часть потока возбуждения проникает в основной сердечник головки. Значение этого потока обычно столь мало, что в рабочем зазоре не создается напряженности поля, достаточной для того, чтобы стереть или испортить запись сигналов на носителе. Вместе с тем даже при ничтожной неоднородности сердечника головки в обмотке w_2 индуцируется паразитная э. д. с., амплитуда которой может в несколько раз превышать полезный сигнал. В общем случае эта паразитная э. д. с. содержит четные гармоники, если они содержались в сигнале возбуждения.

Для уменьшения паразитной э. д. с. содержание второй гармоники в сигнале возбуждения должно быть ничтожно малым. Обычно это достигается включением в цепь возбуждения режекторного фильтра, настроенного на вторую гармонику, или низкочастотного фильтра. Выходная обмотка нагружается на полосовой фильтр, выделяющий из общего сигнала вторую гармонику и ее боковые частоты.

Следует заметить, что выходная э. д. с., кроме второй гармоники, содержит и более высокие четные гармоники. Амплитуда каждой четной гармоники, включая вторую, достигает наибольшего значения при определенном (оптимальном) токе возбуждения. Чем выше номер гармоники, тем больший ток возбуждения необходим для создания оптимального режима (рис. 65, *а*). Амплитуда четных гармоник линейно зависит от потока и соответственно поля сигнала H_c (рис. 65, *б*). Изменение полярности потока не влияет на амплитуду э. д. с. сигнала, а меняет лишь его фазу. Поэтому детектирование сигналов на выходе головки должно осуществляться фазочувствительным детектором.

В тех случаях, когда записанный сигнал не содержит постоянную составляющую или можно допустить низкое отношение сиг-

нал/шум, можно использовать обычный амплитудный детектор. При этом необходимо создать в головке такое начальное постоянное смещение, при котором все изменения намагниченности соответствовали бы одной ветви амплитудной характеристики. Начальное смещение подается в выходную обмотку от источника постоянного тока.

Магнитомодуляционная головка с импульсным выходом. Головка с импульсным выходом конструктивно выполняется точно так же, как предыдущая головка. Различие между ними состоит лишь в выборе значения тока, питающего обмотку возбуждения.

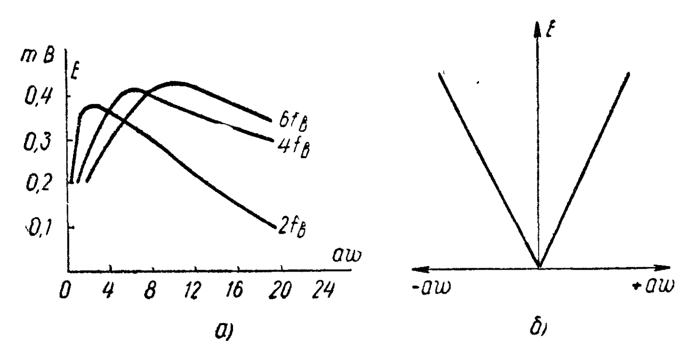


Рис. 65. Характеристики магнитомодуляционной головки.

а — зависимость выходной э. д. с. четных гармоник от тока возбуждения; *б* — амплитудная характеристика.

Головка с импульсным выходом возбуждается током, достаточным для того, чтобы участок сердечника, охваченный обмоткой возбуждения, подавляющую часть каждого периода находился в состоянии магнитного насыщения. Тогда в течение каждого периода магнитный поток в сердечнике возбуждения за весьма малый промежуток времени изменяется 2 раза: один раз от +Ф до —Ф и второй раз — от —Ф до +Ф. Таким образом, магнитная проницаемость этого участка сердечника за тот же промежуток времени дважды за период изменяется от минимального значения (при магнитном насыщении) до максимального. Магнитный поток, создаваемый полем сигнала, индуцирует в выходной обмотке импульсную э. д. с.

В головке, обладающей идеальной геометрической симметрией и магнитной однородностью сердечника, выходное напряжение в отсутствие записанного сигнала равно нулю. Практически такие условия создать крайне сложно, поэтому при отсутствии потока от сигнала в выходной обмотке индуцируются знакопеременные импульсы одинаковой амплитуды. При воспроизведении сигнала выходное напряжение также имеет вид знакопеременных импульсов, у которых преобладание амплитуды той или иной полярности соответствует знаку сигнала.

В отличие от головок с удвоением частоты головки с импульсным выходом могут питаться от любого генератора. При этом допустимы значительные искажения формы тока возбуждения. Однако мощность источника возбуждения должна быть значительно большей, чем для головок с удвоением частоты.

Схема включения воспроизводящей головки с импульсным выходом приведена на рис. 66. Обмотка возбуждения головки w_1 связана непосредственно (без фильтрующих элементов) с генератором возбуждения. Выходная обмотка w_2 нагружена на повышающий трансформатор *Тр*. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ пропускают соответственно положительную и отрицательную полуволны напряжения.

Постоянная времени контура *RC* выпрямителя значительно превышает период тока возбуждения, поэтому напряжения u_1 и u_2 на этих контурах пропорциональны амплитудным значениям напряжения на выходе головки. Результирующее напряжение на выходе выпрямителя пропорционально разности амплитуд положительных и

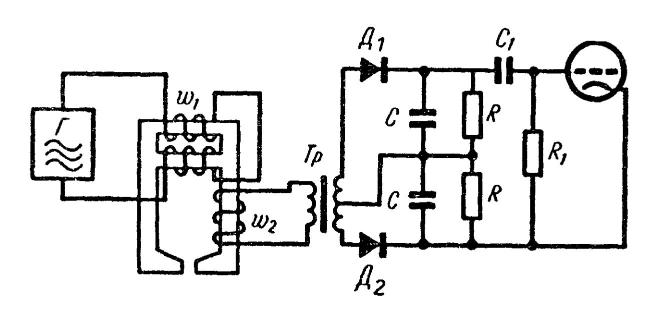


Рис. 66. Схема включения магнитомодуляционной головки с импульсным выходом.

отрицательных импульсов напряжения на выходе головки. При отсутствии сигнала с носителя записи $u_1=u_2$ и $u=0$.

Схема выпрямителя является фазочувствительной, т. е. полярность результирующего напряжения u зависит от полярности намагничивания носителя записи. Вследствие этого отпадает необходимость применения специальных фазочувствительных детекторов или начального смещения. Дальнейшее усиление осуществляется обычным электронным усилителем с полосой пропускания, соответствующей записанному сигналу.

Магнитомодуляционная головка с магнитным усилением отличается от ранее описанных магнитомодуляционных головок значительно большей чувствительностью. При воспроизведении одиночных импульсов амплитуда сигнала на выходе головки достигает 3 В, что почти в 1000 раз больше, чем у ранее описанных магнитомодуляционных головок.

Устройство головки показано на рис. 67. Она состоит из двух обычных пермаллоевых полусердечников, на тыльные части которых наложен тонкий тороид из феррита. На тороиде намотаны две обмотки w_1 и w_2, соединенные так, что совместно с конденсаторами C_1, C_2 и резистором $R_б$ образуется схема электрического моста.

Магнитомодуляционная головка этого типа представляет собой однотактный магнитный усилитель с положительной обратной связью. Управляющий магнитный поток в нем создается не управляющей обмоткой, как в обычных магнитных усилителях, а потоком $Ф_с$, проникающим в сердечник от намагниченного носителя записи. Обмотки w_1 и w_2, питающиеся от генератора возбуждения, со-

здают в тороиде магнитный поток возбуждения $\Phi_в$. При отсутствии сигнала, записанного на носителе, мост балансируют так, чтобы амплитуда напряжения основной частоты возбуждения и ее второй гармоники на выходе головки была минимальной.

В одной части тороида магнитный поток от намагниченного носителя складывается с потоком возбуждения, а в другой — вычитается. Режим возбуждения выбирается так, чтобы тороид находился в состоянии, близком к магнитному насыщению. В результате сложения потоков $\Phi_c \pm \Phi_в$ та часть тороида, в которой направление потоков в данный момент совпадает, насыщается несколько

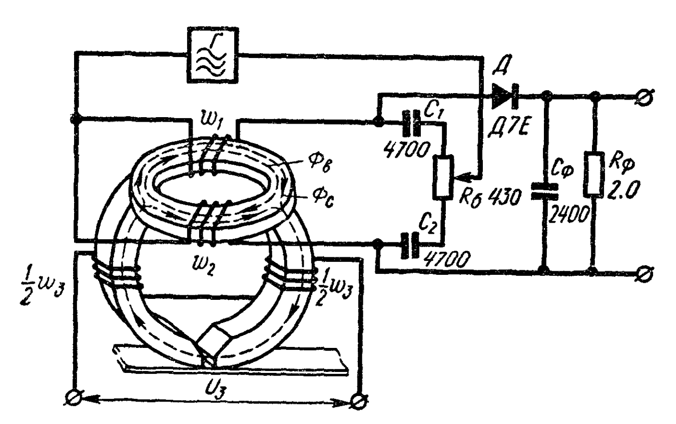


Рис. 67. Магнитомодуляционная головка с магнитным усилением.

раньше. В следующий момент это явление наблюдается во второй части тороида. Таким образом, в обоих половинах тороида появляются несимметричные нелинейные искажения магнитного потока, а в плечах электрического моста возникает напряжение четных гармоник, фаза которых в разных плечах сдвинута на 180°. Разностный магнитный поток четных гармоник замыкается через основной сердечник головки, а наведенная им в обмотках w_1 и w_2 э. д. с. составляет полезную часть выходного напряжения головки. Это напряжение детектируется диодом *Д* и фильтруется.

При идеальной балансировке моста амплитуда и фаза четных гармоник на выходе головки пропорциональны абсолютному значению воспроизводимого сигнала. Это соответствует сложной амплитудно-фазовой модуляции без несущей. Для детектирования такого сигнала необходимо восстановить несущую, что легко достигается небольшим разбалансом моста, обеспечивающим появление четных гармоник при отсутствии сигнала.

В плечи электрического моста включены конденсаторы C_1 и C_2, которые вместе с обмотками w_1 и w_2 образуют последовательный контур, настроенный на частоту тока возбуждения. Такое включение резко уменьшает полное сопротивление моста, что дает возможность в сочетании со специальной характеристикой цепи возбуждения приблизиться к режиму постоянства питающих токов, необходимому для нормальной работы магнитных усилителей.

Головка питается током возбуждения от трансформатора с высоким реактивным выходным сопротивлением. Трансформатор, намотанный на разомкнутом сердечнике, обладает нагрузочной характеристикой с круто падающим участком, соответствующим режиму постоянства питающих токов.

Внутренняя положительная обратная связь достигается реакцией тока диода *Д* на магнитную цепь головки.

Резонансная настройка электрического моста вместе со специальной характеристикой цепи возбуждения дает возможность значительно увеличить чувствительность головки. Эта головка может также использоваться в качестве записывающей, для чего на ее сердечнике предусмотрена обмотка w_2 для записи.

Ниже приводятся основные конструктивные и электрические данные магнитомодуляционной головки, показанной на рис. 67. В качестве основного магнитопровода применены два полусердечника обычной тороидальной индукционной головки, обрезанные с тыльной стороны на 2/3 их высоты. Модулятором служит ферритовый кольцевой сердечник марки 2000П с наружным диаметром 21 мм, внутренним диаметром 11 мм и высотой 0,5 мм. Обмотки возбуждения w_1 и w_2 имеют по 800 витков провода ПЭЛ 0,1. Обмотка записи w_3 имеет 2×250 витков провода ПЭЛ 0,01. Рабочий зазор равен 15 мкм. Частота тока возбуждения равна 13,9 кГц; напряжение возбуждения равно 22,3 В.

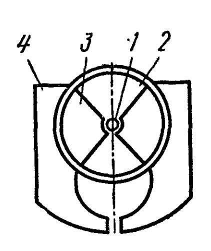


Рис. 68. Схема устройства головки с электронно-лучевой трубкой.

1 — электронный луч; *2* — стеклянная колба; *3* — внутренние полюсные наконечники; *4* — сердечник головки.

Существует ряд головок, в которых используются различные датчики — преобразователи изменений магнитного потока.

Головка с датчиком, основанным на эффекте Фарадея. Эффект Фарадея состоит в том, что некоторые оптически однородные материалы меняют положение плоскости поляризации под влиянием внешнего магнитного поля. Датчик помещается в дополнительном зазоре головки и через отверстие в сердечнике просвечивается поляризованным пучком света, направление которого совпадает с направлением магнитного поля в зазоре. Интенсивность пучка света, прошедшего датчик, зависит от напряженности поля в дополнительном зазоре, которая в свою очередь определяется записанным сигналом. Для преобразования световой энергии в электрическую используется фотоэлемент или фотоумножитель.

Головка с электронно-лучевой трубкой (рис. 68) основана на известном явлении отклонения электронного луча в магнитном поле. Головка состоит из сердечника, в дополнительном зазоре которого помещена миниатюрная электронно-лучевая трубка. Кроме обычных элементов, характерных для электронно-лучевых трубок, в ней предусмотрены два внутренних полюсных наконечника и два анода. Трубка размещается в дополнительном зазоре так, что внутренние наконечники являются как бы продолжением сердечника головки, а дополнительным зазором становится фактически промежуток между ними. Если магнитный поток в сердечнике головки отсутствует, то ток электронного луча поровну делится между двумя анодами и

напряжение между точками *A* и *B* (рис. 69) равно нулю. Появление магнитного потока в сердечнике головки вызывает отклонение электронного луча на величину, пропорциональную магнитному потоку. Пропорционально этому отклонению ток электронного луча распределяется между анодами, вследствие чего между точками *A* и *B* появляется напряжение. Головка с электронно-лучевой трубкой имеет линейную амплитудную характеристику в значительном диапазоне изменений магнитного потока и обладает большой отдачей, достигающей 0,6 В. Отношение сигнал/шум сквозного канала составляет около 40 дБ в диапазоне частот до 10 000 Гц.

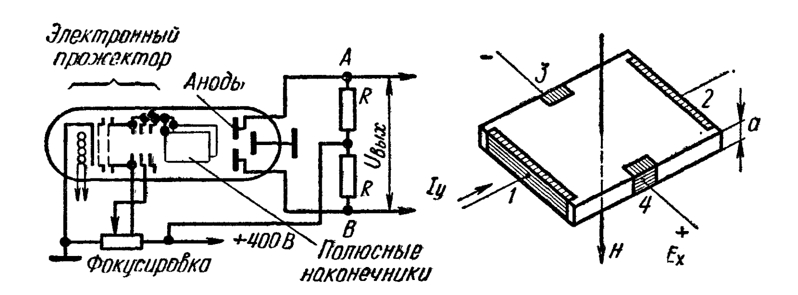


Рис. 69. Схема включения головки с электронно-лучевой трубкой.

Рис. 70. Датчик э. д. с. Холла.

Потокочувствительные полупроводниковые магнитные головки. В связи с успехами, достигнутыми в разработке новых полупроводниковых материалов, получили распространение головки с датчиками, основанными на гальваномагнитном эффекте Холла. Датчик Холла представляет собой проводящую пластину с несколькими электродами (рис. 70). Если через электроды *1* и *2* течет ток $I_у$, называемый управляющим, то под действием магнитного поля *H* между пластинами *3* и *4* возникает э. д. с., пропорциональная напряженности поля и управляющему току. Электродвижущая сила Холла $E_х$ определяется из следующего выражения:

$$E_х = R\frac{I_у H}{a},$$

где *a* — толщина пластины; *R* — постоянная Холла.

Наибольшим эффектом Холла обладают полупроводниковые материалы. В качестве их могут использоваться германий, кремний и различные соединения, например сурьмянистый индий или мышьяковистый индий. Из известных материалов наибольшей чувствительностью обладает датчик из сурьмянистого индия, недостатком которого является сравнительно большая зависимость постоянной Холла от температуры (примерно 2% на 1° С). Отдача головок с таким датчиком составляет примерно 0,8 мВ. Головка с датчиками из соединения мышьяковистого индия имеет в 3—3,5 раза меньшую отдачу, но она в меньшей степени зависит от температуры (0,1% на 1° С).

Датчики Холла в головках могут помещаться в дополнительном или рабочем зазорах (рис. 71). Конструктивно наиболее просто выполняется головка с датчиком Холла в дополнительном зазоре. В этом случае через датчик проходит только часть магнитного потока от носителя записи из-за рассеяния и ответвления через рабочий зазор. Поэтому по чувствительности такая головка уступает головке с датчиком Холла, помещенным в рабочем зазоре. В то же время головка с датчиком Холла в дополнительном зазоре может быть выполнена с более высокой разрешающей способностью,

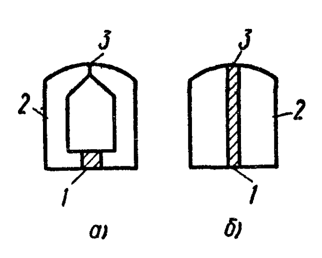


Рис. 71. Конструкции головок Холла.

а — с датчиком Холла в дополнительном зазоре; *б* — с датчиком Холла в рабочем зазоре; *1* — датчик Холла; *2* — сердечник; *3* — рабочий зазор.

Свет
H
Разность потенциалов

Рис. 72. К объяснению фотомагнитоэлектрического эффекта.

так как ее рабочий зазор определяется только толщиной немагнитной прокладки. Во вторй конструкции рабочий зазор определяется толщиной датчика Холла, который изготовить очень тонким довольно трудно.

Наилучшим материалом сердечника для головок Холла является феррит. При ферритовом сердечнике отпадает необходимость электрической изоляции контактов датчика от сердечника, поскольку феррит имеет весьма высокое удельное электрическое сопротивление. В головках с металлическими сердечниками датчик Холла и его контакты изолируются от сердечника тонкой прокладкой. Частотная характеристика головок Холла в области высоких частот зависит от тех же факторов, которые определяют характеристику индукционной воспроизводящей головки. Характеристика э. д. с. Холла самого датчика практически частотно-независима до нескольких мегагерц. Наибольший интерес представляет использование головки Холла для воспроизведения низких частот.

Кроме эффекта Холла, в потокочувствительных головках могут использоваться и другие явления, возникающие в полупроводниковых материалах под действием магнитного потока. Так, существуют потокочувствительные головки с датчиком, основанным на фотомагнитоэлектрическом эффекте. Сущность его состоит в следующем. Если одну из граней параллелепипеда (рис. 72) осветить пучком света, то бомбардировка фотонов вызовет образование пар дырка — электрон, которые будут диффундировать к противоположной грани параллелепипеда. Магнитное поле, приложенное так, как это показано на рисунке, вызывает появление механической силы, действую-

щей на движущиеся дырки и электроны, в направлении оси параллелепипеда. Действие этой силы приводит к разделению зарядов, в результате чего на торцах параллелепипеда появляется разность потенциалов. Это напряжение в определенных пределах прямо пропорционально произведению напряженности магнитного поля на интенсивность освещения.

Найдено, что головка с таким датчиком дает лучшие результаты, нежели головка Холла. Головка с датчиком, изготовленным из германия, имеет отдачу до 2 мВ (от пика до пика).

Головка с датчиком, основанным на другом гальваномагнитном явлении — изменении электрического сопротивления полупроводника в магнитном поле, по конструкции аналогична головке Холла. Отличие состоит лишь в том, что датчик имеет всего два вывода вместо четырех. По чувствительности эта головка значительно уступает головке Холла.

Вращающиеся головки

Вращающиеся головки нашли применение в различных областях техники. Они служат для многократного периодического воспроизведения записи с небольшого участка магнитной ленты. Такая необходимость возникает при исследованиях быстропротекающих процессов или выделении из медленно протекающего процесса наиболее характерных участков. В частности, вращающиеся головки оказываются удобными при фонетических исследованиях для выделения из речи изучаемых звуков. С помощью вращающихся головок достигается эффект изменения временного масштаба воспроизводимого звукового сигнала без изменения его тональности. Такие головки удобны для диктофонов. В последние годы вращающиеся блоки головок нашли особенно широкое применение в видеомагнитофонах.

Простейшая вращающаяся головка (рис. 73, *а*), которая часто используется для исследовательских целей, состоит из диска, на боковой поверхности которого укреплена магнитная головка. Охват диска лентой составляет не более 180°. Длина сканируемого участка носителя записи может регулироваться изменением угла охвата. Частота сканирования

$$F = n/60$$

может быть увеличена не только изменением числа оборотов, но и установкой на диске нескольких магнитных головок.

Для синхронизации развертки осциллографа с началом сканируемого участка применяется простейший импульсный датчик. Он состоит из маленького постоянного магнита, укрепленного на диске, и неподвижной магнитной головки, в обмотке которой возбуждается импульсное напряжение всякий раз, когда около нее перемещается магнит.

Соединение вращающейся головки со входом усилителя осуществляется через токосъемное устройство, которое может быть контактным и бесконтактным. В контактном токосъемнике используются медные кольца и угольные щетки или серебряные кольца и серебряно-графитовые щетки. Последняя контактная пара предпочтительна, так как создает меньший уровень собственных помех.

Бесконтактное токосъемное устройство представляет собой вращающийся трансформатор, первичная обмотка которого вместе с

частью сердечника прикреплена к вращающемуся диску, а вторичная обмотка с другой частью сердечника закреплена неподвижно. В качестве вращающегося трансформатора может быть использован ферритовый сердечник типа ОБ, между половинами которого должен быть оставлен небольшой воздушный зазор.

Если одновременно с вращением головки перемещать и ленту, то можно подобрать сумму обеих скоростей так, что относительная скорость движения между головкой и лентой будет равна скорости записи. В случае звукозаписи это позволяет существенно замедлять скорость ленты, сохраняя нормальную тональность воспроизводимого сигнала.

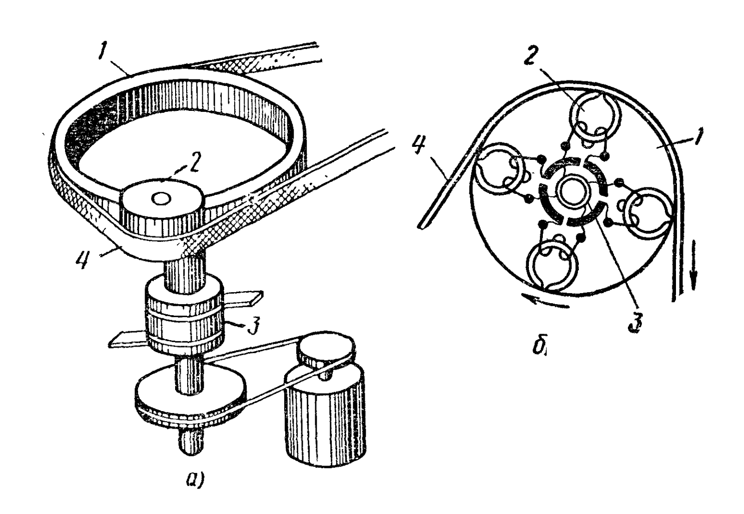


Рис. 73. Вращающиеся магнитные головки.

а — для воспроизведения участка носителя записи; *б* — для замедления временного масштаба; *1* — диск; *2* — головка; *3* — токосъемник; *4* — носитель записи.

На рис. 73, *б* схематически показана конструкция вращающегося блока головок. На общем основании укреплены четыре головки, обмотки которых подведены к контактному токосъемнику. Одно кольцо токосъемника является общим для всех головок, а ко второму, состоящему из четырех ламелей, присоединены вторые выводы обмоток головок. Токосъемное устройство ориентировано в пространстве так, что головка подключается ко входу усилителя в тот момент, когда ее рабочий зазор находится в контакте с лентой. Каждая головка воспроизводит маленький участок записи, иногда с некоторым перекрытием. Так как эти участки малы, то ухо воспринимает непрерывное звучание без существенного ухудшения разборчивости воспроизводимой речи.

Из-за малой длины воспроизводимых каждой головкой участков записи безразлично, совпадает ли направление относительного движения вращающейся головки с направлением скорости во время

записи или противоположно ей. Однако более предпочтительно, когда вращение головки совпадает с направлением движения ленты и каждый участок прочитывается в обратном (по отношению к записи) направлении.

Вращающиеся блоки головок используются также для увеличения относительной скорости головка — лента. На рис. 74 схематически показано устройство, позволяющее повысить относительную скорость в 2 раза. Устройство содержит вращающийся диск с двумя магнитными головками, смещенными в направлении ширины ленты. Линейная скорость ленты равна окружной скорости диска. Если угол охвата диска лентой равен 180°, то расположение дорожек записи на ленте имеет вид, показанный на том же рисунке. Были попытки использовать такие устройства для видеозаписи с небольшой полосой частот.

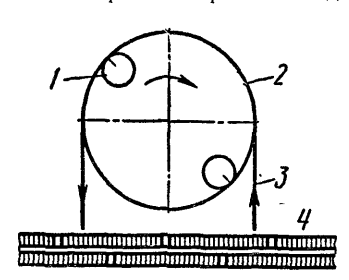


Рис. 74. Продольно-строчная запись с вращающимися головками.

1 — головка; *2* — диск; *3* — магнитная лента; *4* — расположение магнитных дорожек на ленте.

В настоящее время для видеозаписи нашли применение три типа вращающихся блоков головок. Устройство с одной вращающейся головкой состоит из гладкого направляющего барабана *1*, разделенного на две части (рис. 75, *а*). Между ними вращается диск *2* с магнитной головкой *3* (рис. 75, *б*), полюсный наконечник которой для создания необходимого контакта с лентой выступает за поверхность направляющего барабана. Лента лежит на барабане так, что образует один полный виток спирали.

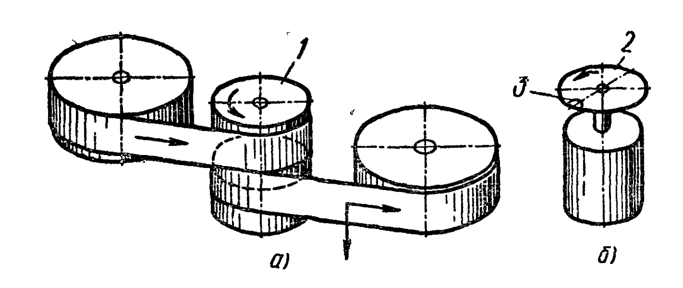


Рис. 75. Наклонно-строчная запись одной вращающейся головкой.

При одновременном вращении диска с головкой и продольном движении ленты на нее наносятся наклонные строчки записи. На каждой строчке зафиксирован один полукадр телевизионного изображения. Скорость вращения диска равна 3000 об/мин. Фаза вращения выбирается так, чтобы момент пересечения головкой стыка краев ленты совпадал с записью (воспроизведением) кадрового га-

сящего импульса. В этом случае сигнал, несущий информацию об изображении, не прерывается; что касается пропавшей части кадрового синхроимпульса, то она восстанавливается во время воспроизведения.

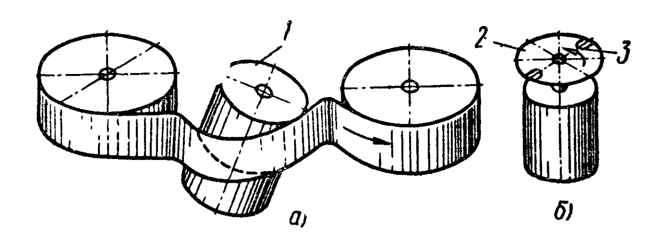


Рис. 76. Наклонно-строчная запись двумя вращающимися головками.

Устройство с вращающимся блоком, содержащим две головки (рис. 76, *б*), точно так же имеет направляющий барабан *1*, разделенный на две части, между которыми вращается диск *2* с двумя

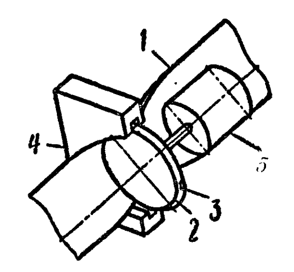


Рис. 77. Наклонно-строчная запись четырьмя вращающимися головками.

1 — магнитная лента; *2* — диск; *3* — головка; *4* — направляющая вакуумная камера; *5* — электродвигатель.

головками *3*. Строчки записи располагаются на ленте, как и в предыдущем устройстве с одной вращающейся головкой. Для записи на каждой строчке одного полукадра телевизионного изображения необходимо вращать диск с частотой 1500 об/мин.

Достоинство устройства с двумя головками состоит в том, что благодаря записи с перекрытием сигнал при воспроизведении не прерывается. Оба эти устройства с вращающимися блоками головок используются в полупрофессиональных видеомагнитофонах.

В высококачественных видеомагнитофонах для телевизионных студий используется вращающийся блок с четырьмя головками. Плоскость вращения диска с головками расположена перпендикулярно к поверхности ленты (рис. 77). В месте соприкосновения головок с лентой последняя изгибается при помощи направляющей, на которой она удерживается вакуумным присосом, выполненным в виде двух щелей, через которые откачивается воздух. Выступающие за поверхность диска полюсные наконечники магнитных головок вдавливают ленту в выточку на направляющей. Этим достигается надежный контакт ленты с головками в течение всего срока их службы. Центральный угол дуги изгиба ленты приблизительно равен 110°, головки же на диске смещены относительно друг друга

точно на угол 90°. Поэтому сигнал на смежных строчках записывается с перекрытием, что позволяет полностью восстановить его во время воспроизведения.

Головки для записи и воспроизведения видеосигналов

В профессиональных видеомагнитофонах верхняя граница полосы частот записываемого сигнала простирается до 8—12 МГц. При записи столь высоких частот большую роль играет ширина рабочего зазора, определяющая разрешающую способность головок.

Из соображений надежности минимальная длина волны записи в видеомагнитофонах выбирается от 1 до 4 мкм. Для работы на таких длинах волн необходимы головки, имеющие ширину рабочего зазора 0,5—2 мкм.

Вторым важным параметром являются частотно-зависимые потери в головках. В области звуковых частот эти потери не превышают обычно 3—4 дБ, составляя небольшую часть общих потерь, связанных с процессом записи — воспроизведения. На видеочастотах, напротив, потери значительно возрастают, существенно искажая частотную характеристику. Преобладающую часть этих потерь составляют потери в сердечнике головки.

Под действием быстропеременного магнитного поля в сердечнике возникают потери на вихревые токи и потери на перемагничивание (гистерезисные потери). Так как эти потери пропорциональны объему материала, то сердечники головок для записи и воспроизведения сигналов высоких частот, в частности для видеозаписи, стремятся выполнить возможно меньших размеров. В воспроизводящей головке гистерезисные потери составляют незначительную часть, так как индукция в ее сердечнике мала. Эти потери относительно невелики и в сердечнике записывающей головки, выполненной из магнитомягкого сплава, несмотря на то что индукция в нем достигает больших значений.

Основное влияние на свойства магнитных головок оказывают вихревые токи. Помимо потерь энергии вихревым токам сопутствует так называемый поверхностный эффект, о котором уже упоминалось в гл. 1. Поверхностный эффект вызывает уменьшение эффективного сечения сердечника, в результате чего с повышением частот уменьшается действующая магнитная проницаемость материала сердечника.

Вихревые токи в проводах обмотки головки приводят к возрастанию ее активного сопротивления, что также вызывает увеличение потерь. Потери на вихревые токи могут возникать и в металлической арматуре, используемой для крепления сердечника головки, если она расположена вблизи сердечника или обмотки и в местах, где имеются большие потоки рассеяния.

В профессиональных видеомагнитофонах с четырьмя вращающимися головками, как указывалось в гл. 2, пока не удается применить ферритовые головки. До последнего времени в подобной аппаратуре все еще применяются головки с комбинированным сердечником.

Из соображения уменьшения потерь на вихревые токи в таких головках часть сердечника, на которую нанесена обмотка, изготовляют из феррита. Чтобы предотвратить выкрашивание ребер сердечника около рабочего зазора, на эту часть сердечника надевают полюсные наконечники из металлического износостойкого магнит-

ного сплава. Из-за малого объема полюсных наконечников потери энергии в них невелики. На рис. 78 даны примеры конструкции подобных комбинированных сердечников. В первом из них (рис. 78, *а*) полюсные наконечники изготовлены в виде накладок *1*, расположенных в торцовой части ферритового сердечника *2*. Сердечник этой конструкции может быть выполнен для любой ширины дорожки записи. Это же позволяет делать и вторая конструкция

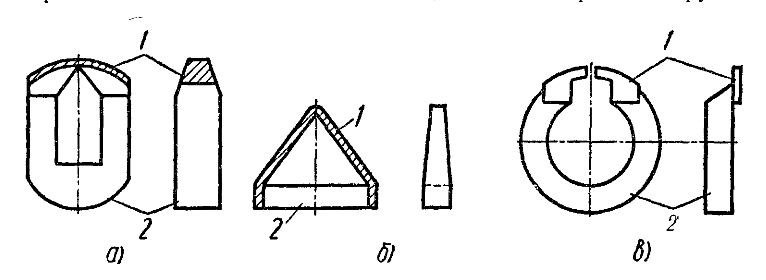


Рис. 78. Комбинированные сердечники.

1 — полюсные наконечники; *2* — ферритовый сердечник.

(рис. 78, *б*), в которой полюсные наконечники в виде тонких полосок магнитного сплава примыкают к торцам прямоугольного ферритового сердечника, на котором располагается обмотка головки. В третьем типе сердечника (рис. 78, *в*) полюсные наконечники выполнены в виде боковой накладки. Эту конструкцию целесообразно использовать для записи только при узких дорожках.

Резонансные свойства обмотки головок оказывают отрицательное влияние на частотную характеристику магнитной записи на видеочастотах. Собственная емкость обмотки головки с индуктивностью 15—25 мкГн обычно не превышает 2—2,5 пФ, и резонансная частота лежит далеко за пределами рабочей полосы частот. Однако при включении головки в схему резонансная частота понижается из-за входной емкости усилителя и подводящих проводов. Поэтому входные устройства видеомагнитофона стремятся выполнить с наименьшей собственной емкостью. Кроме того, для повышения резонансной частоты прибегают к уменьшению индуктивности обмотки головки, хотя это и снижает чувствительность головки.

Головки для бесконтактной записи

Бесконтактная магнитная запись, т. е. запись без механического контакта между носителем записи и головками, используется в тех случаях, когда необходимо обеспечить большую продолжительность работы устройства без замены головок или носителя записи. Бесконтактная запись находит применение в таких устройствах, как телефонные ответчики, магнитные ревербераторы, в некоторых регистрирующих приборах с большой длительностью действия. Однако наибольшее развитие бесконтактная запись получила в так называемых «устройствах памяти» для записи импульсных сигналов. В качестве носителей записи в них преимущественно используются магнитные барабаны или диски, вращающиеся с относительно боль-

шой скоростью. Помимо устранения износа головок и носителя промежуток между ними необходим и по другим соображениям. Барабаны и диски даже при очень точном изготовлении имеют эксцентриситет или неплоскостность 5—10 мкм. Поэтому надежный механический контакт между головкой и поверхностью диска или барабана можно создать только в отдельных точках, а в остальной части поверхности носителя между ними появится промежуток. Кроме того, необходимо учитывать линейное расширение деталей устройства при изменении температуры, которое может привести к заклиниванию барабана или диска относительно жестко закрепленной головки. Не спасает в этом случае и мягкая подвеска го-

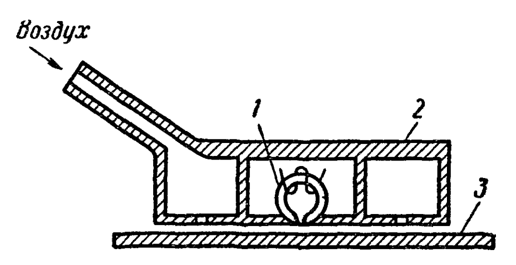


Рис. 79. «Плавающая» магнитная головка.

1 — магнитная головка; *2* — полая шайба; *3* — носитель записи.

ловки, так как при высокой скорости вращения диска или барабана головка, имеющая относительно большую массу, не в состоянии точно следовать за изменениями размеров носителя.

Практически промежуток между головкой и поверхностью носителя записи с учетом эксцентриситета вращения и теплового расширения выбирается от 20 до 30 мкм. Этот зазор вызывает дополнительные потери при записи и воспроизведении. При увеличении зазора уменьшается напряженность поля записываемого сигнала. Поэтому для получения необходимой намагниченности носителя записи в записывающую головку необходимо подавать бо́льшую электрическую мощность, чем при контактной записи. Крутизна спада поля над рабочим зазором при этом уменьшается, а протяженность его по обе стороны от рабочего зазора увеличивается. В связи с этим ухудшается частотная характеристика записи, а при импульсных сигналах уменьшается максимально возможная плотность записи, т. е. число импульсов, записанных на единице длины носителя записи.

Записывающая головка для бесконтактной записи должна создавать сильно локализованное поле, для чего предлагается ее выполнять с остроконечными полюсными наконечниками, которые по сравнению с плоскими наконечниками обеспечивают лучшую локальность поля.

Форма полюсных наконечников воспроизводящих головок почти не влияет на их разрешающую способность. Ширина рабочего зазора у записывающих и воспроизводящих головок при бесконтактной записи не влияет так на частотную характеристику и плотность записи, как при контактной записи. Уменьшение рабочего зазора незначительно улучшает частотную характеристику, но одновременно заметно снижает отдачу. Поэтому при зазорах 20—30 мкм меж-

ду головкой и носителем записи рабочие зазоры в головках выбираются не менее 20 мкм.

В тех случаях, когда необходимо резко расширить полосу частот или увеличить плотность записи при бесконтактной записи, единственное, что можно сделать, это уменьшить зазор между головкой и носителем. С этой целью предложены устройства, автоматически поддерживающие постоянный и очень малый зазор. Среди них наиболее интересны так называемые «плавающие» головки. Одна из конструкций основывается на известном в физике эффекте Бернулли.

Магнитная головка *1* укреплена в центре маленького полого диска *2* (рис. 79), через который продувается воздух. Выходя через отверстие в нижней части диска, воздух проходит через сильно суженное пространство, образованное диском и поверхностью носителя *3*. Согласно уравнению Бернулли в суженном сечении возникает разряжение, в результате чего диск с головкой притягивается к носителю. Если расстояние между ними становится настолько мало, что не удается продувать через это сечение достаточное количество воздуха, то диск с головкой отталкивается. Можно подобрать такие условия, что диск с головкой стабильно установятся относительно носителя записи на расстоянии 6—8 мкм. Головка при этом как бы «плавает» на образующейся воздушной подушке.

В другой разновидности «плавающей» головки небольшое расстояние между ней и носителем поддерживается постоянным воздушным потоком, образующимся при вращении барабана. Сила воздушного потока, стремящегося оттолкнуть магнитную головку от поверхности барабана, уравновешивается пружинами. Давление пружин можно подобрать таким образом, что головка расположится на небольшом расстоянии от поверхности барабана.

Головки с немеханическим сканированием

Запись телевизионных сигналов в видеомагнитофонах осуществляется при высокой скорости путем механического сканирования носителя записи одной или последовательно несколькими головками, расположенными на вращающемся узле лентопротяжного механизма. При таком сканировании образуется наклонно-строчная запись с продольным намагничиванием и достигается высокое качество записи. Однако необходимость синхронизации движения головок и носителя и из-за трения их усиленный износ, а также применение сложной электроники служат причиной высокой стоимости как самой аппаратуры, так и ее эксплуатации. Желая устранить эти недостатки, рядом авторов предложены оригинальные идеи получения высокой скорости записи при нормальной скорости носителя и малом износе пары носитель — головка. Эти идеи в соответствии с принципом действия можно подразделить на два направления. К первому направлению относятся устройства, в которых сканирование записывающего или воспроизводящего элемента головки достигается механически, в том числе с участием движения самого носителя записи.

Ко второму направлению относятся неподвижные головки с так называемым немеханическим сканированием. Хотя эти и подобные им идеи из-за технической сложности пока еще не имеют практического воплощения, однако полезны хотя бы тем, что дают повод дальнейшим поискам более совершенных и экономически эффективных устройств магнитной записи.

Устройство универсальной головки записи и воспроизведения, изображенной на рис. 80, *а*, относятся к первому направлению.

Магнитная головка состоит из неподвижной части *1* с обмоткой *2* и острым полюсом *5* с одной стороны, а с противоположной стороны сердечник имеет дугообразную выемку, в которой вращается роторная часть головки, представляющая собой немагнитный цилиндр *3*, наклонный паз которого заполнен пластиной *4* из магнитного материала. Торцы этих пластин выведены на поверхность цилиндра, где они образуют наклонные полосы к его оси.

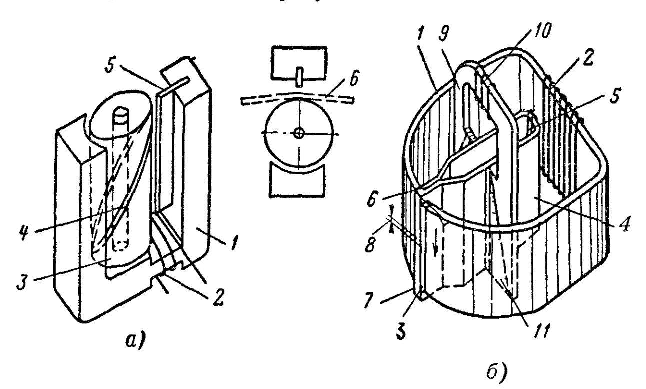


Рис. 80. Магнитные головки с немеханическим сканированием.
а — с вращающейся рабочей поверхностью; *б* — с электромагнитной разверткой.

Цилиндр вращается при соприкосновении с ним движущейся ленты *6*. Запись осуществляется, когда торцовая поверхность полосы касается ленты и находится против острого полюса неподвижной части сердечника.

В процессе записи при движении ленты в зазоре между полюсами она вращает роторную часть и благодаря наклонному расположению сканирующего полюса относительно острого полюса в каждый момент времени на ленту наносится запись в виде прерывающихся наклонных строчек, если сканирующий полюс в роторной части имеет винтовое расположение. Запись наносится на ленту в виде непрерывных V-образных строчек записи, если сканирующий полюс представляет собой наклонное сечение цилиндра. Таким образом, скорость записи или ее воспроизведение головкой будет всегда превышать скорость движущейся при этом ленты, а износ рабочей поверхности головки практически отсутствовать.

В головках второго направления пишущий элемент (подобно движению рабочего зазора вращающейся головки) перемещается по высоте (ширине носителя) сердечника. Эти перемещения достигаются механически с помощью подвижной части сердечника периодическим кольцеобразным изменением магнитного сопротивления вдоль длины рабочего зазора или электромагнитным перемещением так называемой зоны компенсации (зоны высокой проницаемости), образуемой противоположно направленными магнитными потоками путем изменения тока возбуждающих обмоток. На рис. 80, *б* показано устройство универсальной головки для наклоннострочной видеозаписи, относящееся ко второму направлению.

Развертка записывающего элемента в этой головке достигается электромагнитным способом.

Основной магнитопровод *1* с обмоткой *2* и рабочим зазором *3* осуществляет запись и воспроизведение видеосигнала. Благодаря дополнительным магнитопроводам *9* с обмоткой *10* и *4* с обмоткой *5* осуществляется развертка записывающего и воспроизводящего элементов.

Рабочие полюсы *6* магнитопровода *4*, повернутые к носителю записи, выполняются из материала с малой индукцией насыщения. Последовательно в цепи магнитопровода *9* помещены немагнитные клинообразные прокладки *11*. Распределение индукции вдоль рабочей поверхности *7* при возбуждении обмотки *10* изменяется линейно. При возбуждении обмотки *5* магнитопровода *4* создаваемая м. д. с. имеет обратную полярность, благодаря чему на поверхности *7* создается зона *8*, в которой потоки, вызванные этими м. д. с., взаимно компенсируются. Поэтому в зоне *8* сохраняется магнитная проницаемость материала, в то время как в остальной части рабочей поверхности *7* материал находится в состоянии магнитного насыщения. Таким образом, при возбуждении обмотки *5* сигналом пилообразной формы зона *8* начинает перемещаться вдоль поверхности *7*, как это показано стрелкой на рисунке. Поскольку ширина зоны *8*, создающей записывающий и воспроизводящий элементы, может быть получена небольшой, то запись видеосигнала осуществляется в зоне рабочего зазора *3*, находящегося между поверхностью *7* и полюсами магнитопровода *1* перед зоной *8*. Подобным образом осуществляется и процесс воспроизведения.

1. Головки воспроизведения

Номер рисунка в тексте	Тип головки	Ширина рабочего зазора, мкм	Материал		Высота сердечника, мм	Глубина рабочего зазора, мм	Обмотка		
			сердечника	прокладки рабочего зазора			число витков	индуктивность, мГн	сопротивление, Ом
Рис. 4, *б*	В-02	20	79НМ	БрБ2	5,8	0,6	2×1500	2500—3000	⩾600
Рис. 4, *б*	В-03*	10	79НМ	БрБ2	5,4	0,6	2×260	65—85	8—9
Рис. 10, *а*	—	8	79НМ	БрБ2	5,5	1,0	2000	1800—2500	500—600
Рис. 44**	—	5	79НМ	БрБ2	2,2	0,5	2×400	80—75	50—75
Рис. 15	—	10	79НМ	Слюда	5,8	0,8	2×240	60—85	65—80
Рис. 7, *а*	—	6	79НМ	»	5,8	0,3	2×250	60—75	9—11

* Заменяет головку типа В-01.
** Данные каждой головки блока. Переходное затухание на частоте 1000 Гц ие более 33 дБ.

2. Головки записи

Номер рисунка в тексте	Тип головки	Ширина зазора, мкм		Материал		Высота сердечника, мм	Глубина рабочего зазора, мм	Обмотка		
		рабочего	дополнительного	сердечника	прокладки рабочего зазора			число витков	индуктивность, мГн	сопротивление, Ом
Рис. 4, *б*	З-02*	10	400	79НМ	БрБ2	6,6	0,6	2×150	7—9	2,5—3,5
Рис. 10, *а*	—	8	100	79НМ	БрБ2	6,0	0,6	190	5—8	4—6
Рис. 44**	—	5	130	50НХС	Слюда	2,4	0,5	2×170	6,5—9	12—16
Рис. 15	—	6	60	50НХС	»	6,3	0,8	2×240	35—45	65—85
Рис. 7, *а*	—	10	130	50НХС	»	6,3	0,4	2×100	4—5	2—3

* Заменяет головку типа З-01.
** Данные каждой головки блока. Переходное затухание на частоте 1000 Гц не более 33 дБ.

3. Головки стирания

Номер рисунка в тексте	Тип головки	Ширина рабочего зазора, мкм	Материал		Высота сердечника, мм	Глубина рабочего зазора, мм	Обмотка		
			сердечника	прокладки рабочего зазора			число витков	индуктивность, мГн	сопротивление, Ом
Рис. 4, *а*	С-02	200	79НМ	БрБ2	7	0,8	2×75	1,7—2,3	2
Рис. 4, *а*	С-04	150	79НМ	БрБ2	7	0,8	2×150	7—9	4
Рис. 37, *б*	—	2×100	Феррит 400НН	Слюда	7	0,6	150	4—5	12

4. Условные графические обозначения головок

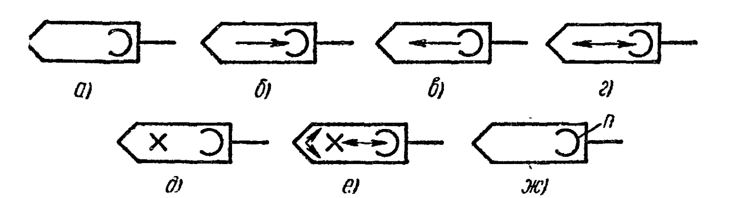


Рис. П4. Условные графические обозначения магнитных головок.

а — общее обозначение; *б* — головка воспроизведения; *в* — головка записи; *г* — универсальная головка записи и воспроизведения; *д* — головка стирания; *е* — стереофоническая головка записи, воспроизведения и стирания; *ж* — при необходимости указывается количество дорожек.

Список литературы

1. **Бургов В. А.** Физика магнитной звукозаписи. М., «Искусство», 1973. 496 с. с ил.
2. **Вроблевский А. А., Корольков В. Г., Мазо Я. А.** и др. Физические основы магнитной звукозаписи. М., «Энергия», 1970, 424 с. с ил.
3. **Техника магнитной видеозаписи.** М., «Энергия», 1970, 328 с. с ил. Авт. А. В. Гончаров, В. И. Лазарев, В. И. Пархоменко, А. Б. Штейн.
4. **Арнольд Р. Р.** Методика лабораторных испытаний магнитных головок. — В кн.: Вопросы радиоэлектроники. Серия XII общетехническая, вып. 27, 1965, с. 88—168.
5. **Преображенский А. А.** Магнитные материалы. М., «Высшая школа», 1965. 235 с. с ил.
6. **Ито С.,** Магнитные головки из монокристаллического феррита для японских видеомагнитофонов — «Radiomentor Electronic», 1972, № 6, с. 272—283.
7. **Сугая Н.** Новая головка для магнитной записи с сердечником из горячепрессованного феррита. — «Зарубежная радиоэлектроника», 1970, № 1, с. 153—166.
8. **Запись** и воспроизведение информации. Термины ГОСТ 13699-74.

ОГЛАВЛЕНИЕ

НАШИМ ЧИТАТЕЛЯМ

Издательство «Энергия» и редакция МРБ книг не высылают. Литературу по вопросам радиоэлектроники и радиолюбительства можно приобрести в магазинах научно-технической книги или в универсальных магазинах, где есть отдел научно-технической книги.

Публикации о книгах, которые будут издаваться в текущем году, ежегодно печатаются в первых номерах журнала «Радио». Сообщения о вышедших книгах по радиотехнике и электронике, в том числе и о выпусках МРБ, регулярно публикуются в еженедельной газете «Книжное обозрение» в разделах «Энергетика» и «Связь».

Заказывать книги МРБ рекомендуем только по плану текущего года и даже квартала, так как они расходятся очень быстро.

Радиолюбители, живущие в местах, где нет книжных магазинов, могут обратиться в республиканские магазины научно-технической книги своей республики по следующим адресам:

АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ ССР — г. Баку, ул. Саратовца-Ефимова, 30.

АРМЯНСКАЯ ССР — г. Ереван, ул. Абовяна, 17, магазин № 1.

БЕЛОРУССКАЯ ССР — г. Минск, 5, Ленинский проспект, 48.

ГРУЗИНСКАЯ ССР — г. Тбилиси, проспект Руставели, 37.

КАЗАХСКАЯ ССР — г. Алма-Ата, ул. Чайковского, 120.

КИРГИЗСКАЯ ССР — г. Фрунзе, Советская ул., 206, магазин № 1.

ЛАТВИЙСКАЯ ССР — г. Рига, ул. Ленина, 29.

ЛИТОВСКАЯ ССР — г. Вильнюс, проспект Ленина, 29.

МОЛДАВСКАЯ ССР — г. Кишинев, ул. Пушкина, 15.

ТАДЖИКСКАЯ ССР — г. Душанбе, проспект Ленина, 128.

ТУРКМЕНСКАЯ ССР — г. Ашхабад, Хивинская ул., 1.

УЗБЕКСКАЯ ССР — г. Ташкент, 122, Волгоградская ул., 10-а.

УКРАИНСКАЯ ССР — г. Киев, 30, ул. Ленина, 10, магазин № 1; г. Львов, Базарная ул., 10; г. Харьков, 12, ул. Свердлова, 17.

ЭСТОНСКАЯ ССР — г. Таллин, проспект Ленина, 7.

Радиолюбителям, проживающим в Сибири, рекомендуется обращаться: г. Новосибирск, ул. Станиславского, 6 или Хабаровск, ул. К. Маркса, 23, книжный магазин № 1.

Адрес редакции Массовой радиобиблиотеки: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, издательство «Энергия».

ЕВГЕНИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ ЕФИМОВ

МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Редактор Л. С. Чеглаков
Редактор издательства Г. Н. Астафуров
Обложка художника А. А. Иванова
Технический редактор О. Д. Кузнецова
Корректор Э. А. Филановская

Сдано в набор 4/III 1976 г. Подписано к печати 26/V 1976 г.
Т-11014. Формат 84×108$^1/_{32}$. Бумага типографская № 2.
Усл. печ. л. 5,46. Уч.-изд. л. 6,71. Тираж 40 000 экз.
Зак. 510. Цена 28 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600610, г. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.